

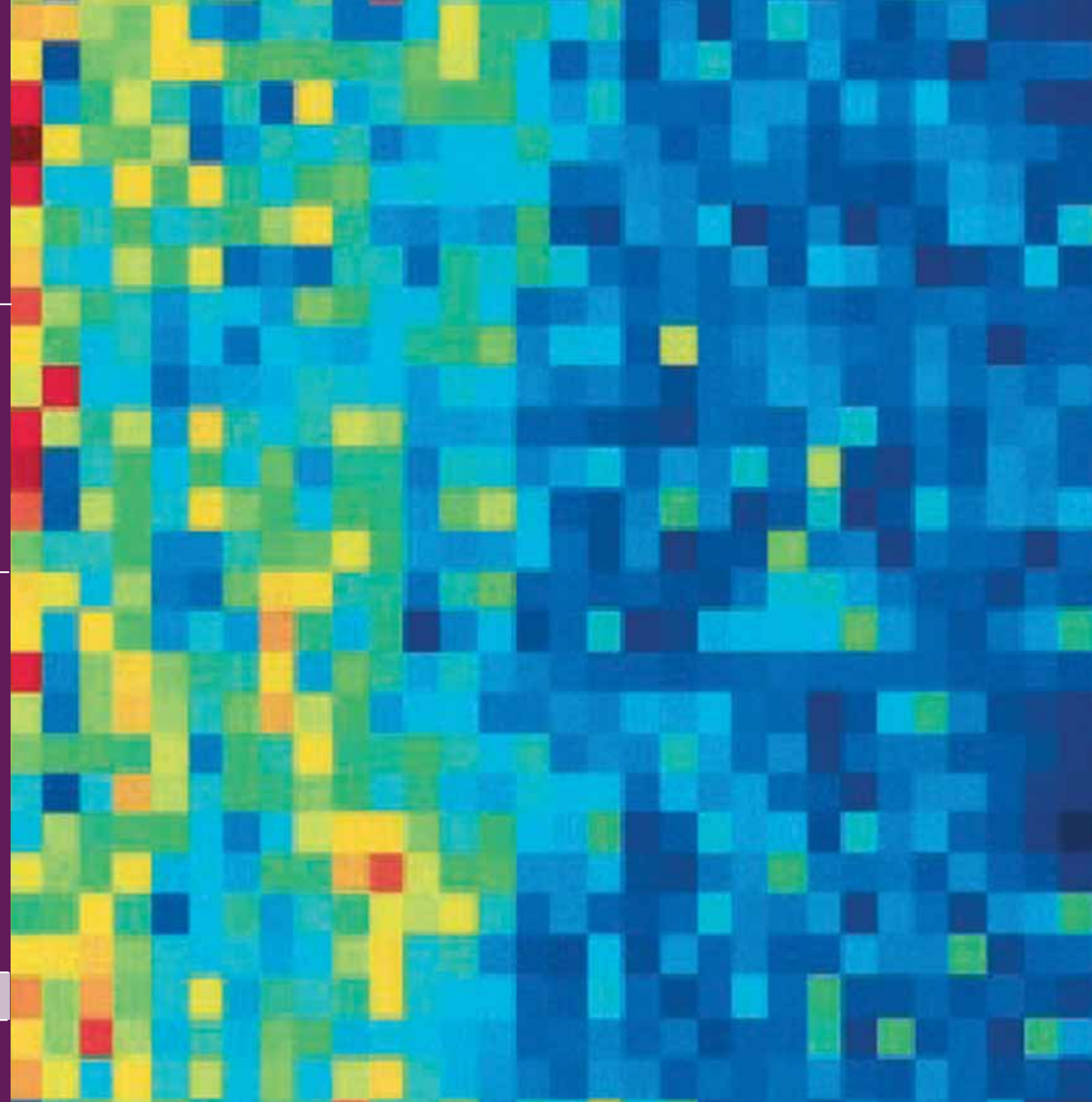
1982

קול המון עוברים למופע אחר

מעברי מופע מתחוללים בחומרים שונים, כתוצאה מפעולותיהם של כוחות שונים, בתנאים שונים. ובכל זאת, יש להם כמה מאפיינים קבועים. מעבר המופע מנוזל לגז דומה במובנים אלה למעבר מחומר מוליך לחומר מוליך-על; ושני המעברים האלה דומים - באותם מובנים - למעבר מופע מחומר נייטרלי לחומר ממוגנט. במילים אחרות, נראה כאילו לטבע יש מעין "כללים" או "נוסחאות" שלפיהם הוא מבצע את כל מעברי המופע. מתברר, שמעברי המופע בטבע מלווים, בדרך כלל, בתופעה אחרת הקרויה "שבירת סימטריה" (למשל, כאשר רוב החלקיקים או העצמים במערכת מכוונים בכיוון אחד). מדעני המכון הצליחו לתאר את הקשר הקיים בין התכונות התרמודינמיות של מעברי המופע לבין תופעת שבירת הסימטריה. כלומר, הם הכניסו את תופעת הסימטריה (ושבירתה) למסגרת המתארת את הגורמים המשותפים למעברי המופע בטבע. בהמשך גילו נקודות מולטי-קריטיות חדשות במעברי מופע בחומרים מגנטיים (בנקודה מולטי-קריטית מתחוללים בעת ובעונה אחת כמה מעברי מופע מסוגים שונים). גישה זו הוכללה בהמשך למערכות שאינן מצויות בשיווי משקל תרמודינמי.



100 אבני דרך בחקר הפיזיקה במכון ויצמן למדע



1985

הפאזה הכחולה

מדעני המכון תרמו להבנת תופעת "הפאזות הכחולות" בגבישים נוזליים. מדובר במצב של חומר המצוי במצב צבירה נוזל, אך בה בעת מאורגן בסדר גבישי קובי, כלומר, יחידת המבנה הבסיסית שלו כוללת מספר מולקולות (ולא מולקולה אחת). הבנה זו סייעה רבות לחקר הגבישים הנוזליים בפרט ולחקר מעברי המופע (פאזות) בכלל.



1985

עכשיו ברעש

מדעני המכון פיתחו שיטה להעברת תמונות דו-ממדיות, בעת ובעונה אחת, דרך סיב אופטי בודד (מטלה שנחשבה עד אז בלתי-אפשרית). השיטה מבוססת על ריבוב של שניים מתוך שלושה גורמים: אורכי הגל של האור המועבר בסיב, זווית הקליטה של קרינת האור, והזמן (משמעות ריבוב הזמן היא העברה של נקודות האור המהוות את התמונה, בזו אחר זו).

במחקרי המשך פיתחו מדעני המכון דרכים לחישוב ולחיזוי תופעות לא ליניאריות המתחוללות בסיבים אופטיים. תופעות אלה מהוות "רעש" ומפריעות למעבר אותות מידע בתקשורת אופטית. הודות ליכולת החישוב והחיזוי הצליחו מדעני המכון גם למצוא דרכים לבלום, להפחית ולמנוע את הופעתן של התופעות הלא-רצויות והאלה.

בנוסף לכך מצאו מדעני המכון דרך לחשב את מגבלות האפשרות להעביר מידע בסיבים אופטיים.



1986

תיאוריה בתוך תיאוריה

מדעני המכון בנו לראשונה תורת מיתרים קונסיסטנטית, לא טריביאלית, של מרחב עקום. תורות המיתרים מציעות להמיר את כל חלקיקי החומר הקונבנציונליים, שהם חסרי ממדים (נקודתיים), בחלקיק יסודי חד-ממדי - מיתר. לפי התורות האלה, כל חלקיקי החומר ביקום הם תולדת ה"רטיטות" של המיתרים. בנוסף למקור אחד ויחיד לכל החומר שביקום עשויות תורות מיתרים להציע גם איחוד בין תורת היחסות הכללית לבין תורת הקוונטים (שכידוע, אף ששתיהן הוכחו בניסויים רבים, הן אינן מתיישבות זו עם זו).

הקושי העיקרי המלווה את תורות המיתרים נובע מהעובדה, שהן יכולות להתקיים רק ביקום בעל ממדים רבים (למשל, 10 ממדים). הפיסיקאים החוקרים את תורות המיתרים מנסים להראות שהממדים ה"עודפים" (אלה שאיננו מבחינים בהם במציאות הארבע-ממדית המוכרת לנו) אכן קיימים, אלא שהם "מקופלים" בדרך שהופכת אותם לבלתי-מורגשים מכל בחינה מעשית.

תורת מיתרים נכונה חייבת, בין היתר, לאפשר במסגרתה את קיומו של "המודל הסטנדרטי", שהוא התיאוריה המקובלת באשר למבנה החומר בעולם. מדעני המכון בנו תורת מיתרים כזאת, אשר מאפשרת את קיומו של "המודל הסטנדרטי" במסגרתה.

$$Z(\tau, \bar{\tau}) = |(\text{Im } \tau)^{-d/2} \eta(\tau)^{-2d}| \sum_{\lambda, \bar{\lambda}} B_{\lambda}(\tau) B_{\bar{\lambda}}(\bar{\tau})^* Z_{\lambda, \bar{\lambda}}(\tau, \bar{\tau}),$$

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

1986

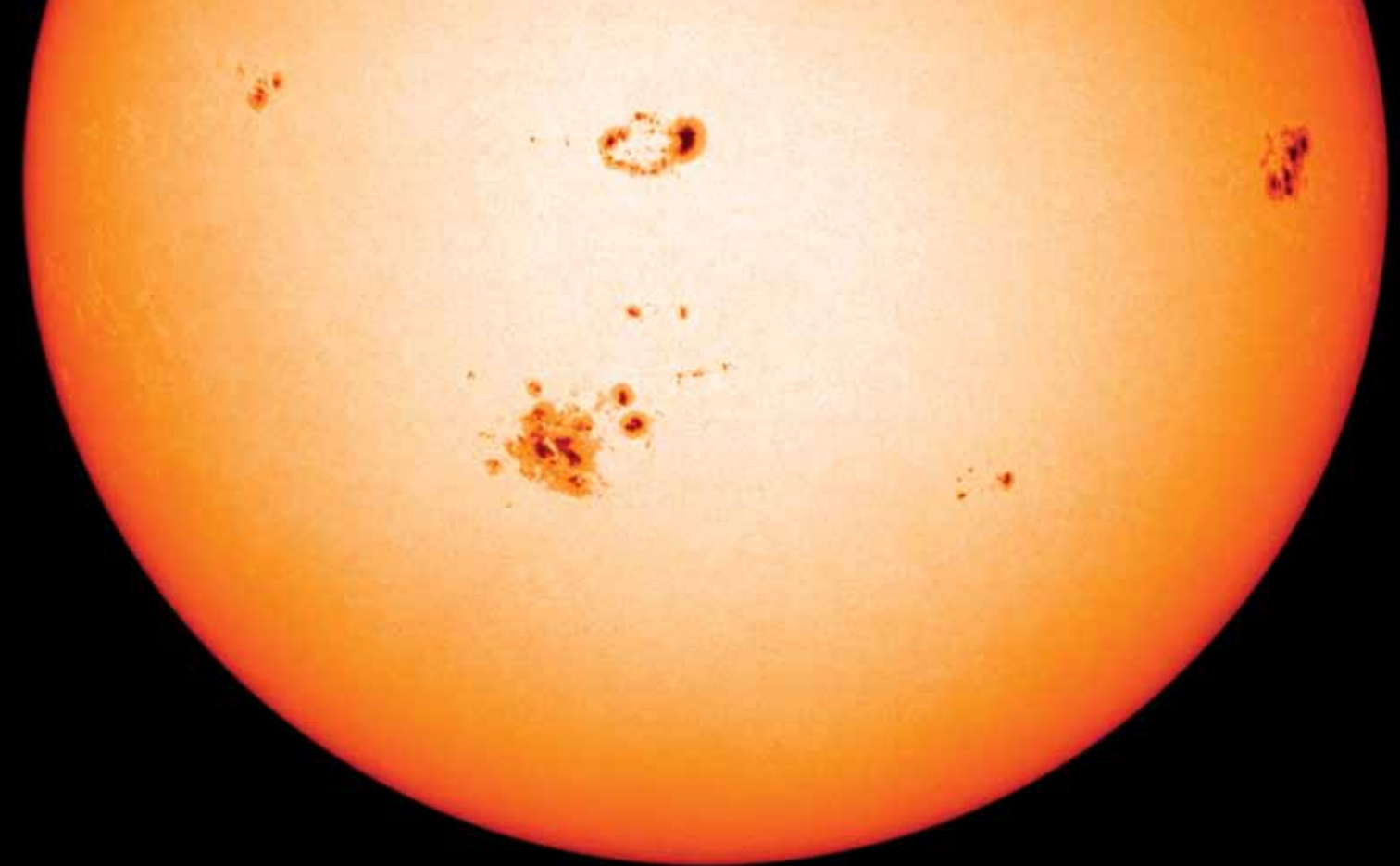
הניטרין בשמיים ובארץ

הניטרין הוא חלקיק חמקמק, בעל מאסה זעירה ביותר, המסוגל לחדור בקלות דרך כל חומר, וקשה מאוד לגלותו ולזהותו. קיומו של הניטרין הוצע תיאורטית בשנת 1930, והוא התגלה בניסוי בסוף שנות ה-50 של המאה הקודמת. מאז הוצע תיאורטית והוכח בניסויים שקיימים שלושה סוגים שונים של חלקיקי ניטרין, בעלי מאסות שונות לחלוטין זו מזו, ותכונות אחרות המצביעות על דמיון רב בין הסוגים השונים.

הניטרין ממלא תפקיד מרכזי בתהליכים קוסמולוגיים ואסטרופיזיים, בתהליכים הגרעיניים המתחוללים בשמש ובכוכבים מתפוצצים, וסוגי הניטרין השונים עשויים להפוך מסוג אחד לשני בתהליכי מעבדה שונים על פני כדור-הארץ. מדעני המכון ניתחו באופן תיאורטי, ומדדו בניסיונות, צדדים שונים של תכונות הניטרין, הן בהקשר של חקר השמש בדרך של גילוי חלקיקי ניטרין המגיעים ממנה לארץ, והן בדרך של בחינת כל המגבלות האפשריות על תכונותיהם של כל סוגי הניטרין. מגבלות אלה נובעות מהתהליכים שבראשית היקום, משיקולים אסטרופיזיים, ומשיקולים של פיסיקת החלקיקים. נוסף על כך, מדעני המכון תרמו להצעות ולשיטות הנוגעות לניסויים חדשים בתחום זה ולהבנת תכונות הניטרין, ובעזרתן - להבנת תהליכים שונים המתנהלים מחוץ לכדור-הארץ.

$$\frac{N_{\nu\text{-events}}}{1000} = 8\eta \frac{M_{\text{target}}}{1 \text{ ton}}$$

100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע

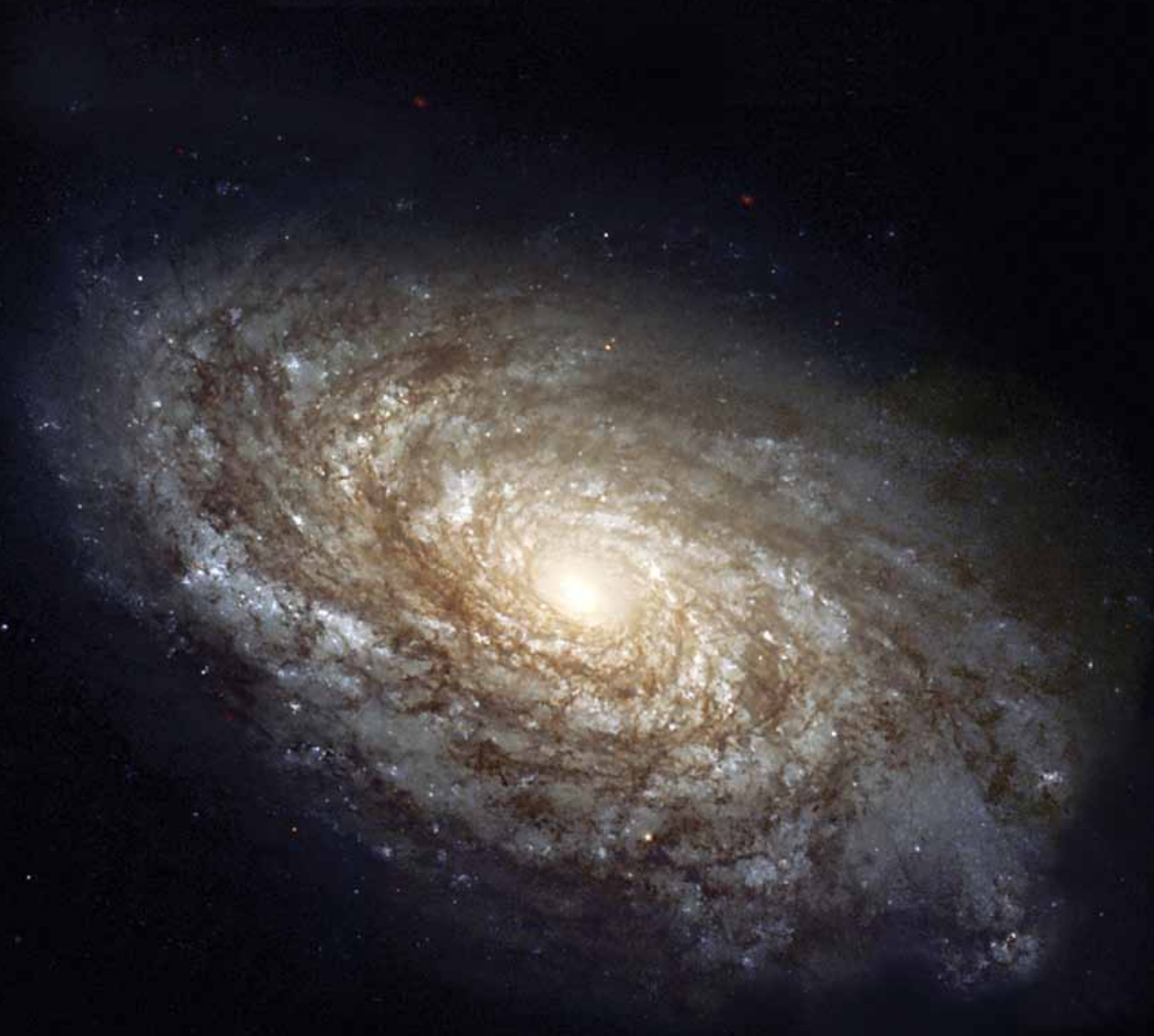


1986

איך עושה גלקסיה

פיסיקאי מהמכון הציע הסבר לפרדוקס הקשור בקיומם של גלקסיות וצבירי גלקסיות. לכאורה, צבירי הגלקסיות כוללים מאסה (בצורת כוכבים, אבק בין-כוכבי וענני גז) בכמות קטנה שאין בה די כדי ליצור כבידה בעוצמה הנדרשת כדי להחזיק ולרכז את מיצבורי הכוכבים הענקיים האלה בכפיפה אחת, וכדי למנוע את "בריחת" המרכיבים הבודדים לכל עבר. לנוכח התעלומה הזאת הועלתה הנחה, שביקום קיים מעין "חומר אפל", שכבידתו משפיעה על התנהגות היקום, אך מכיוון שהוא אינו מאיר ואינו קורן קרינה כלשהי, איננו יכולים לראותו או למדוד אותו באופן ישיר.

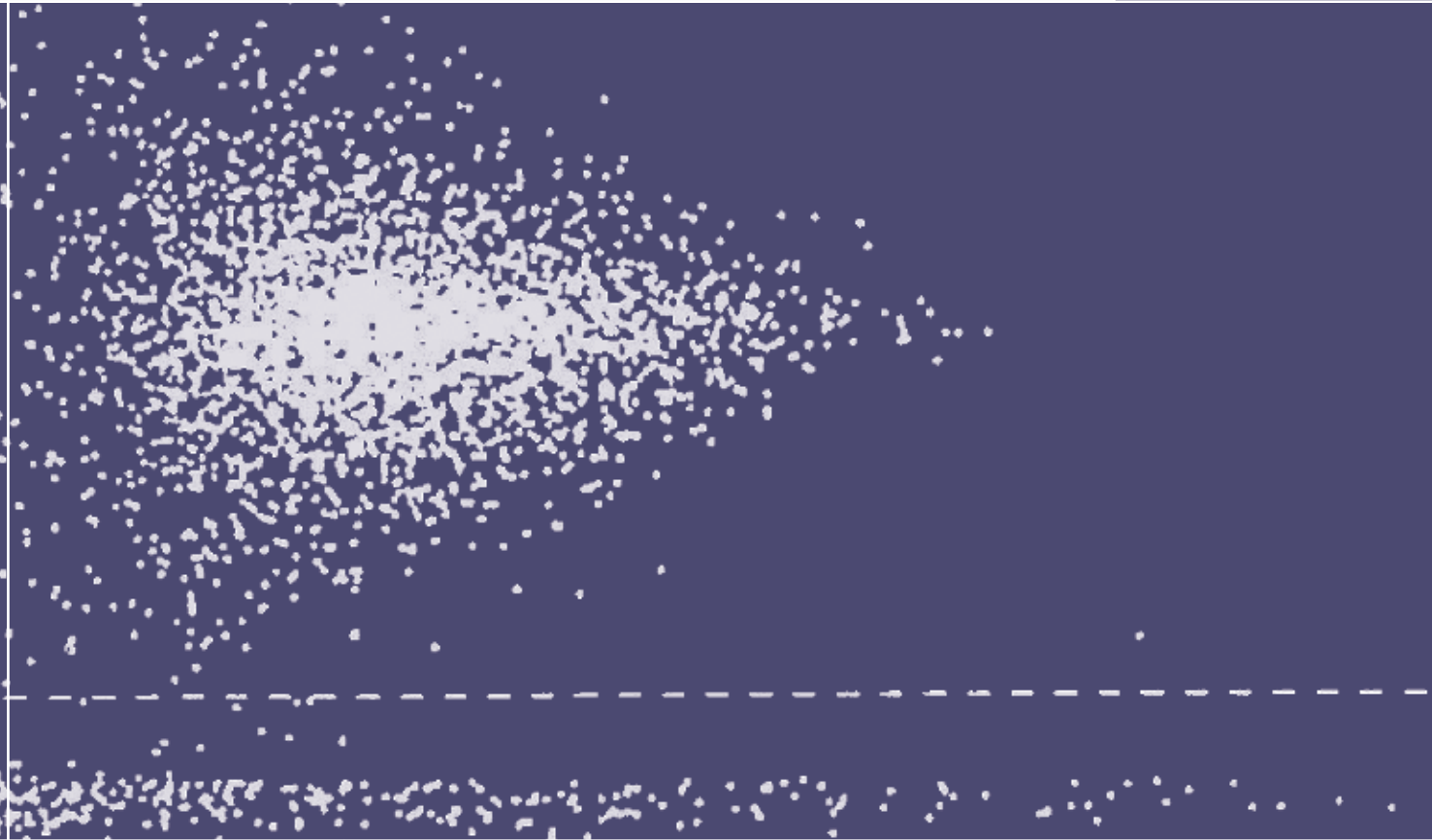
לתפיסה זו שותפים כיום מדענים רבים בעולם. אבל מדען מהמכון מציע תיאוריה מקורית ומהפכנית, שלפיה אין צורך להניח את קיומו של "חומר אפל" כלשהו. הוא מציע לשנות את חוקי הכבידה או התנועה של ניוטון (דבר שכבר נעשה בעבר פעמיים, עם כינונה של תורת היחסות הכללית, ועם כינונה של תורת הקוואנטים). כשמכניסים את השינוי המוצע, ובוחנים מחדש את "התנהגותם" של צבירי הגלקסיות והגלקסיות, מתקבלת תוצאה שלפיה הם "מתנהגים" בדיוק בהתאם למאסת החומר הנראה הכלול בהם. לפיכך, אין צורך להניח את קיומו של חומר אפל כלשהו. נתונים אסטרונומיים מספקים אישושים מסוימים לתיאוריה זו.



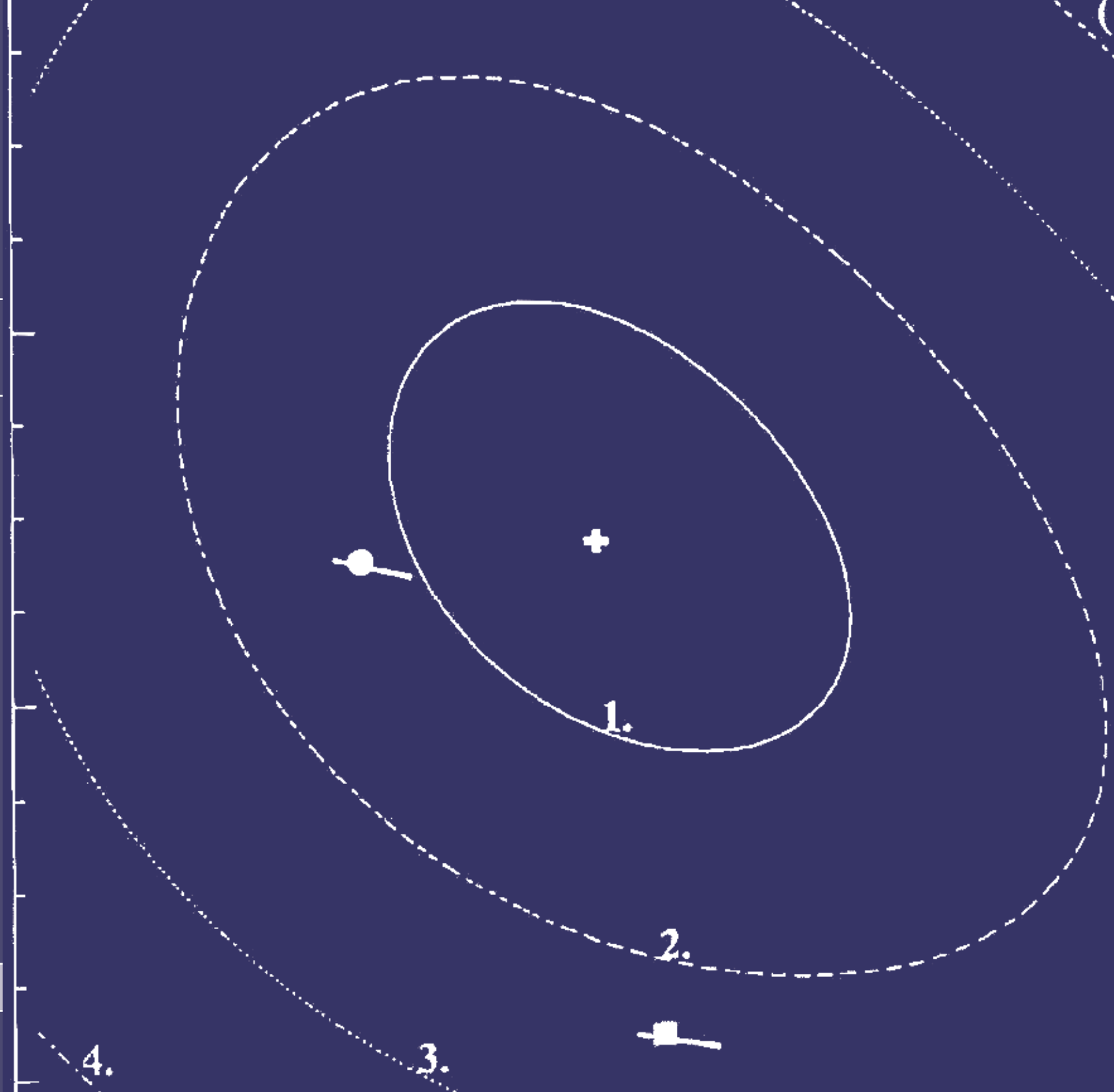
1989

שלוש משפחות הניטרינו

פיזיקאים מהמכון השתתפו בתכנון ובביצוע ניסויים שהובילו למסקנה, כי קיימות רק שלוש משפחות של חלקיקי ניטרינו. גילוי זה קידם במידה רבה את ידיעותינו על התמיינות החלקיקים היסודיים. מחקרים אלה בוצעו במאיץ החלקיקים של הארגון האירופי לחקר פיסיקת החלקיקים, סר"ן (CERN), שליד ז'נבה, שווייץ.



100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע



1989

יהלומים קורצים בשלל צורות

מדעני המכון פיתחו שיטה מתקדמת לניסור יהלומים באמצעות קרני לייזר. שיטה זו עשויה להביא לאוטומציה של תעשיית היהלומים, ולפיתוח אפשרויות לעיצוב יהלומים בצורות לא שגרתיות. עד כה היה השימוש בקרני לייזר לניסור יהלומים כרוך באובדן של כ-5% ממשקל היהלום. השיטה החדשה שפיתחו מדעני המכון מפחיתה את האובדן הזה עד פחות ממחציתו, דבר שמשפר במידה ניכרת את הכדאיות הכלכלית של השימוש בלייזר, וזאת בנוסף לשאר יתרונות הלייזר, המאפשר שליטה טובה יותר בתהליך עיצובו של היהלום.



1989

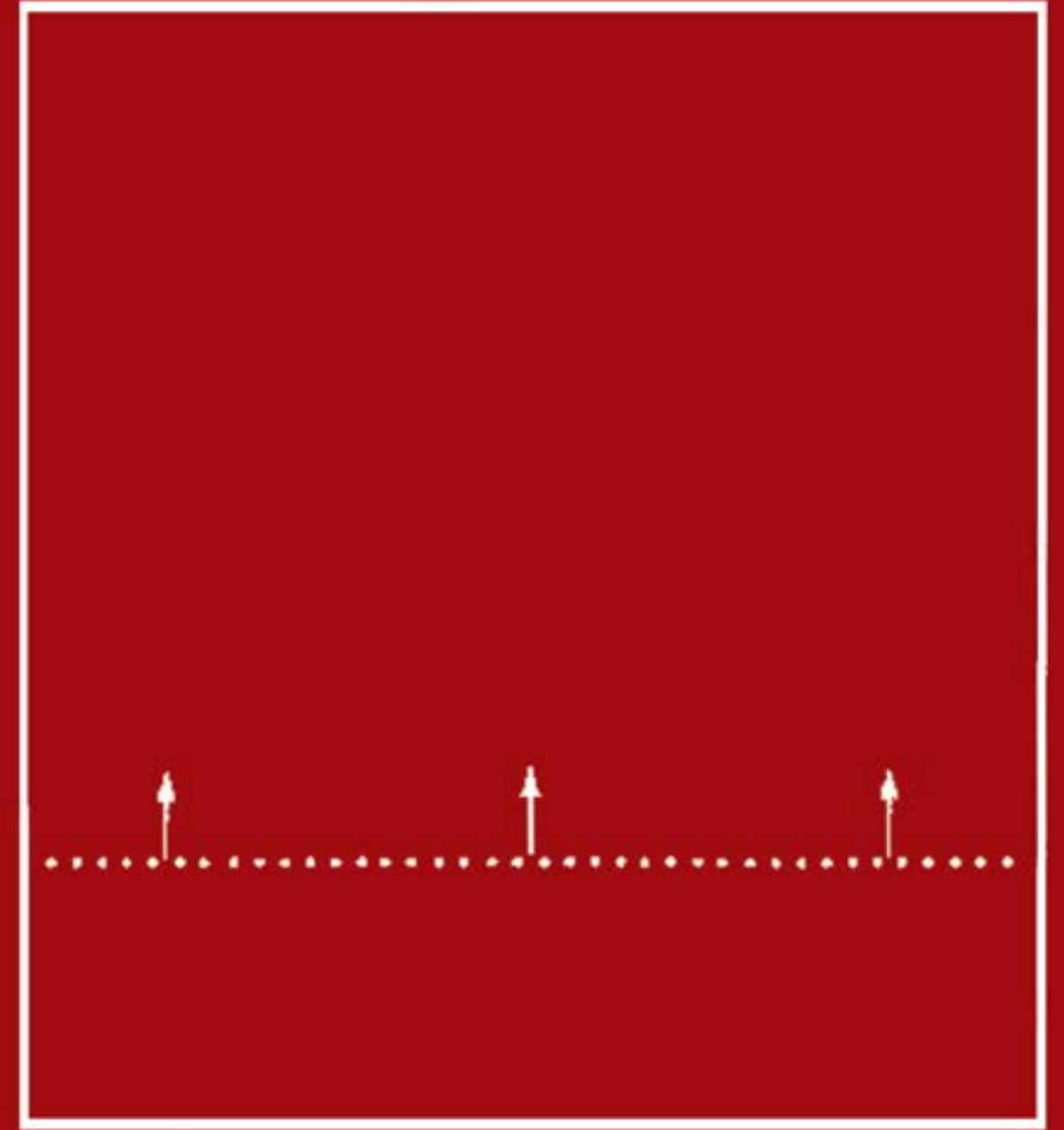
הקשר הדוממדי

מדעני המכון מצאו קשר חדש בין תורות מיתרים (קונפורמיות) דו-ממדיות לבין מודלים של מגנטים. הקשר מתאר - ומאפשר לחזות - את התנאים ואת התהליכים המתחוללים בנקודות קריטיות שונות בטבע (כגון, מעברי מופע שהם מעבר ממצב אחד למצב שונה). על-אף שהקשר התגלה במערכת דו-ממדית, הוא מאפשר ללמוד לעומק על תופעות שקשה לחקור אותן במערכות תלת-ממדיות.

$$\langle \delta_\varepsilon X \rangle = \oint_C d\xi \varepsilon(\xi) \langle T(\xi) X \rangle ,$$

100 אבני דרך בחקר הפיזיקה במכון ויצמן למדע

†



q

S

1990

מערבולת חלשה

פיסיקאים מהמכון בחנו את תופעת המעבר ממצב מסודר למצב זמני ומרחבי לא מסודר. הם עשו זאת באמצעות עיון בתופעה במערכות הידרודינמיות שונות. במחקרים אלה התגלה מיגוון עשיר עד להפתיע של התנהגות זמנית-מרחבית של גלים לא-ליניאריים, המתחוללת סמוך לראשית תהליך ההסעה בתערובות בינאריות (כגון מים המעורבים באלכוהול). נוסף על כך התגלה תהליך אוניברסלי של מעבר למצב של מערבולת חלשה דרך נוקליאציה (גירעון) של פגמים טופולוגיים (פגמים בצורת המבנה) בגבישים נזליים מסוימים בתהליך של הסעה בשדה חשמלי.

1990

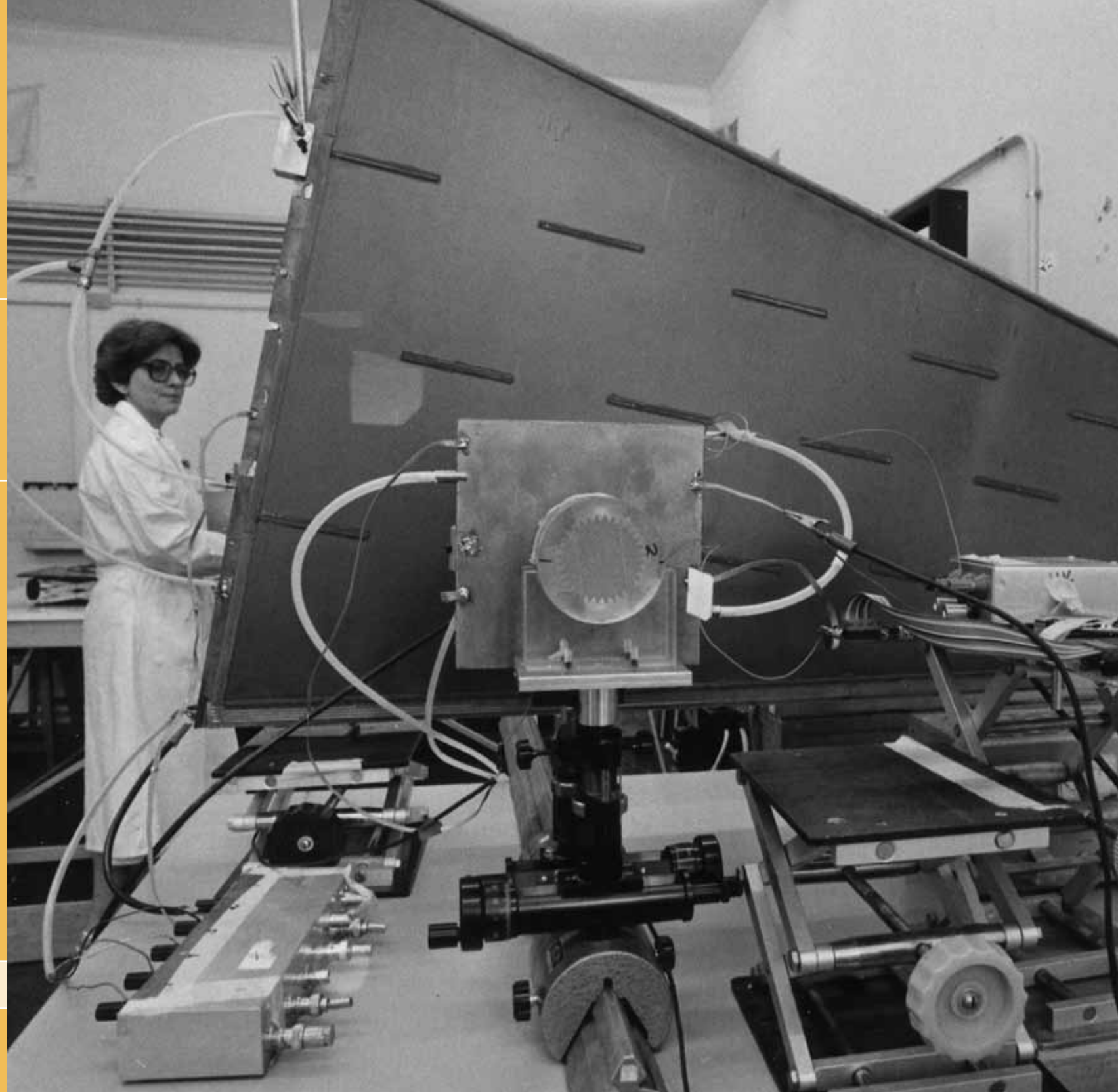
גלאי החלקיקים הדקים בעולם

מדעני המכון ממלאים תפקיד מרכזי במחקר שמקיימים אלפי פיסיקאים מ-65 מדינות, במטרה להוכיח את קיומו של "החלקיק האלוהי", "הבוזון של היגס", שלפי התפיסה המקובלת הוא אחד מהחלקיקים הנושאים את הכוח האלקטרו-חלש (איחוד של הכוח האלקטרו-מגנטי והכוח החלש).

כדי לגלות ולזהות את ה"היגס", תיכננו מדעני המכון, ולאחר מכן פיתחו ובנו, את גלאי החלקיקים הגזיים הדקים ביותר בעולם. לצורך זה פעלה במכון תעשייה שלמה (לשם בניית גלאי שלם היה צורך ב-4,000 לוחות טרפזיים דקים המכילים חוטים מתוחים עשויים טונגסטן מצופה זהב, אשר יוצרים את השדה החשמלי הנדרש). במלאכה זו שיתפו מדעני המכון פעולה עם חוקרים ממוסדות מחקר נוספים, בעיקר ביפן ובסין, והינחו אותם.

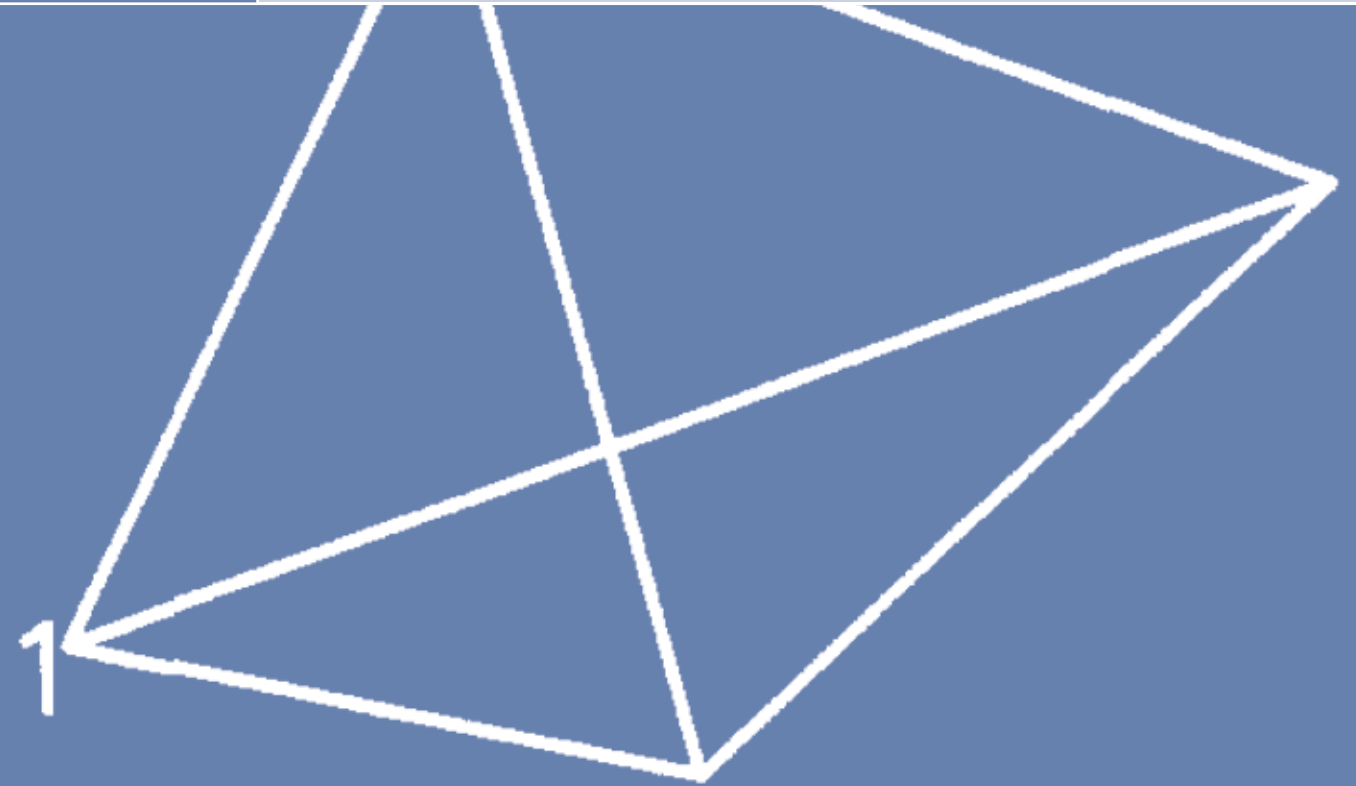


100 אבני דרך בחקר הפיזיקה במכון ויצמן למדע



2

מדעני המכון פיתחו גישות תיאורתיות חדשות אשר הסבירו את התהליכים הפיזיקליים הגורמים לכך ש"חומרים מוצקים רכים" מתנהגים כמוצקים. חשיבות ההבנות האלה נובעת מהעובדה שחומרים מוצקים רכים, זוגמת גומי, חומרים ביולוגיים, גלים, אמולסיות, מיקרו-אמולסיות וקולואידים, ממלאים תפקיד חשוב בטכנולוגיה של תעשיית המזון והתרופות. מדעני המכון הראו מה מייחד את החומרים המוצקים הרכים, והוכיחו כי קשיחותם של החומרים האלה שונה באופן מהותי ואיכותי מקשיחותם של חומרים מוצקים רגילים.



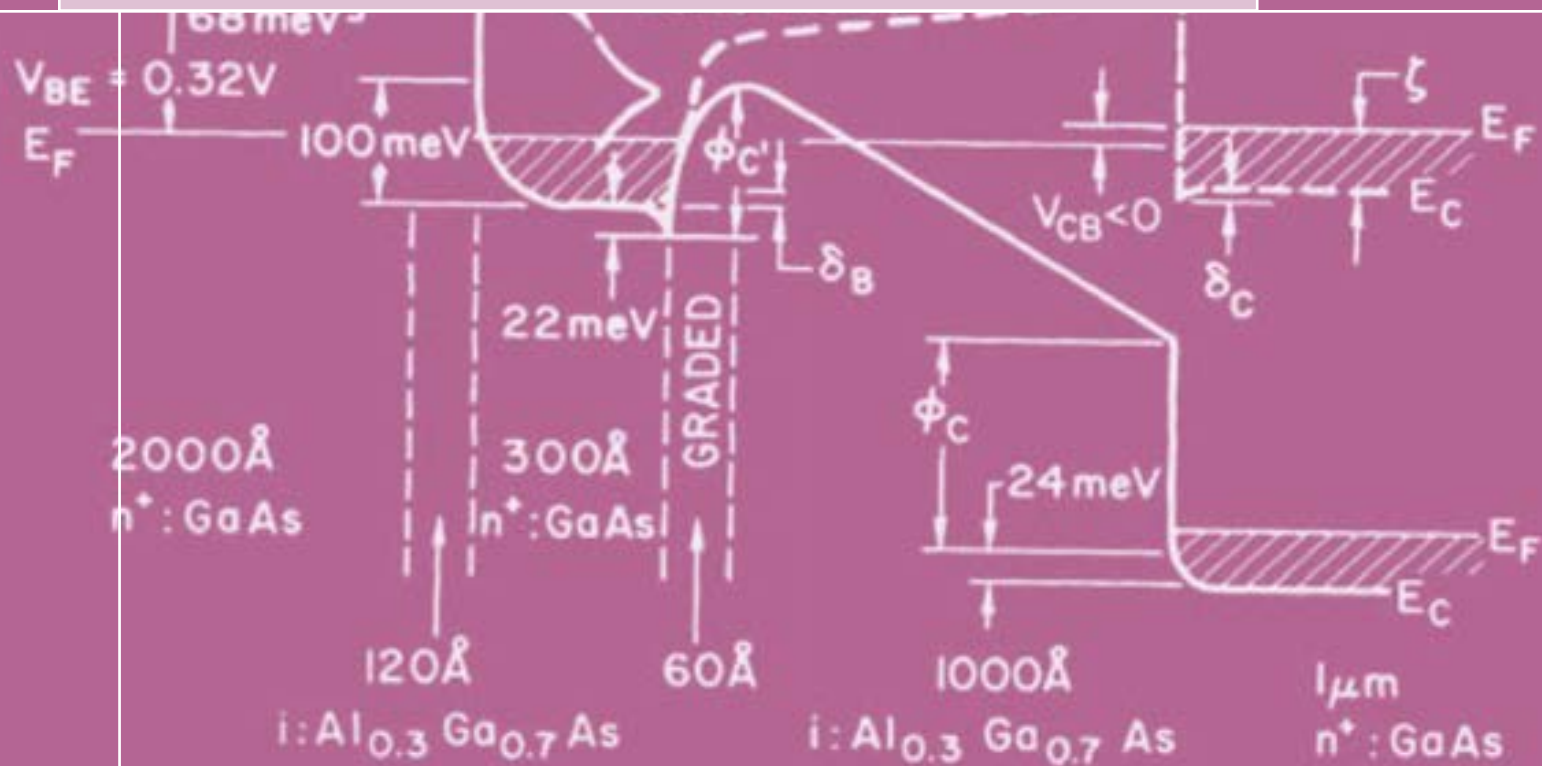
3



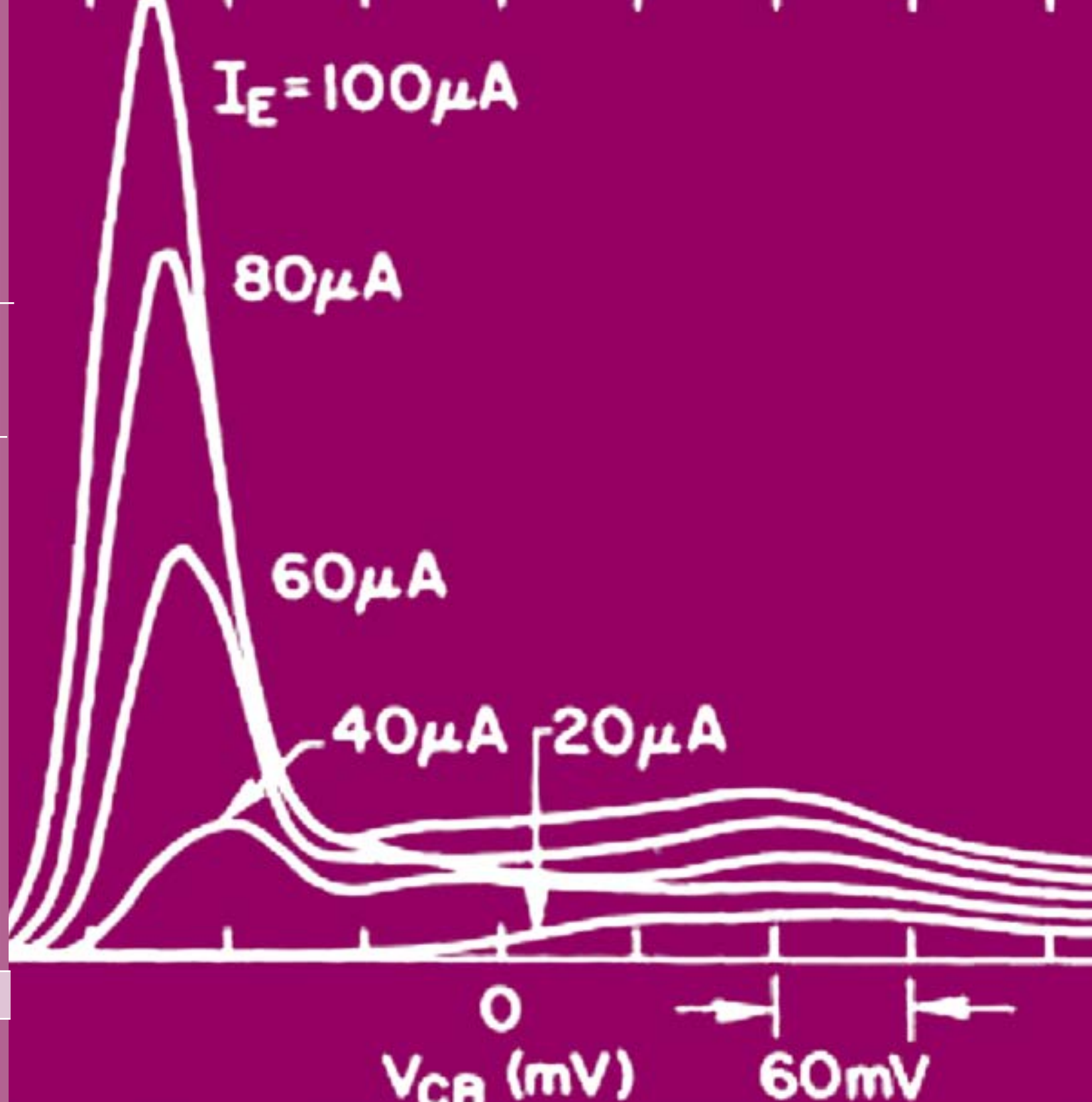
1991

אלקטרוני בליסטיים

מדעני המכון מקטינים בהדרגה את "עולמם" של האלקטרוני הנעים במעגלים החשמליים. כאשר "עולמם של האלקטרוני" קטן במידה מספקת, הם נעים בחומר מבלי להתנגש בחלקיקים אחרים. אלקטרוני כאלה קרויים "אלקטרוני בליסטיים", ובנוסף לתכונותיהם הגליות הם נעים בחומר במהירות גדולה ממהירות תנועתם של אלקטרוני "רגילים" הנעים במעגלים האלקטרוניים העכשוויים. אלקטרוני בליסטיים היו ידועים בתיאוריה, אבל מדעני המכון היו הראשונים שגילו אותם במציאות (מחקר זה בוצע במתקני מחקר בארצות הברית).



100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע



מערכות מיקרוסקופיות, כגון אטומים, מולקולות, ורכיבים אלקטרוניים תת-מיקרוניים, מושפעות מתופעת הכאוס (התנהגות כאוטית מאפיינת, בדרך כלל, מערכות מקרוסקופיות). מדעני המכון חוקרים את הדרך שבה מתבטא הכאוס ב"עולם" הקוונטי, ובין השאר מצאו כי כתוצאה מהכאוס דומה הדינמיקה ב"עולם" הזה במידה רבה להתנהגותן של מערכות אקראיות. ייתכן שאת פירות המחקרים האלה אפשר יהיה ליישם בבניית רכיבים אלקטרוניים תת-מיקרוניים ומערכות מכ"מ מתקדמות.

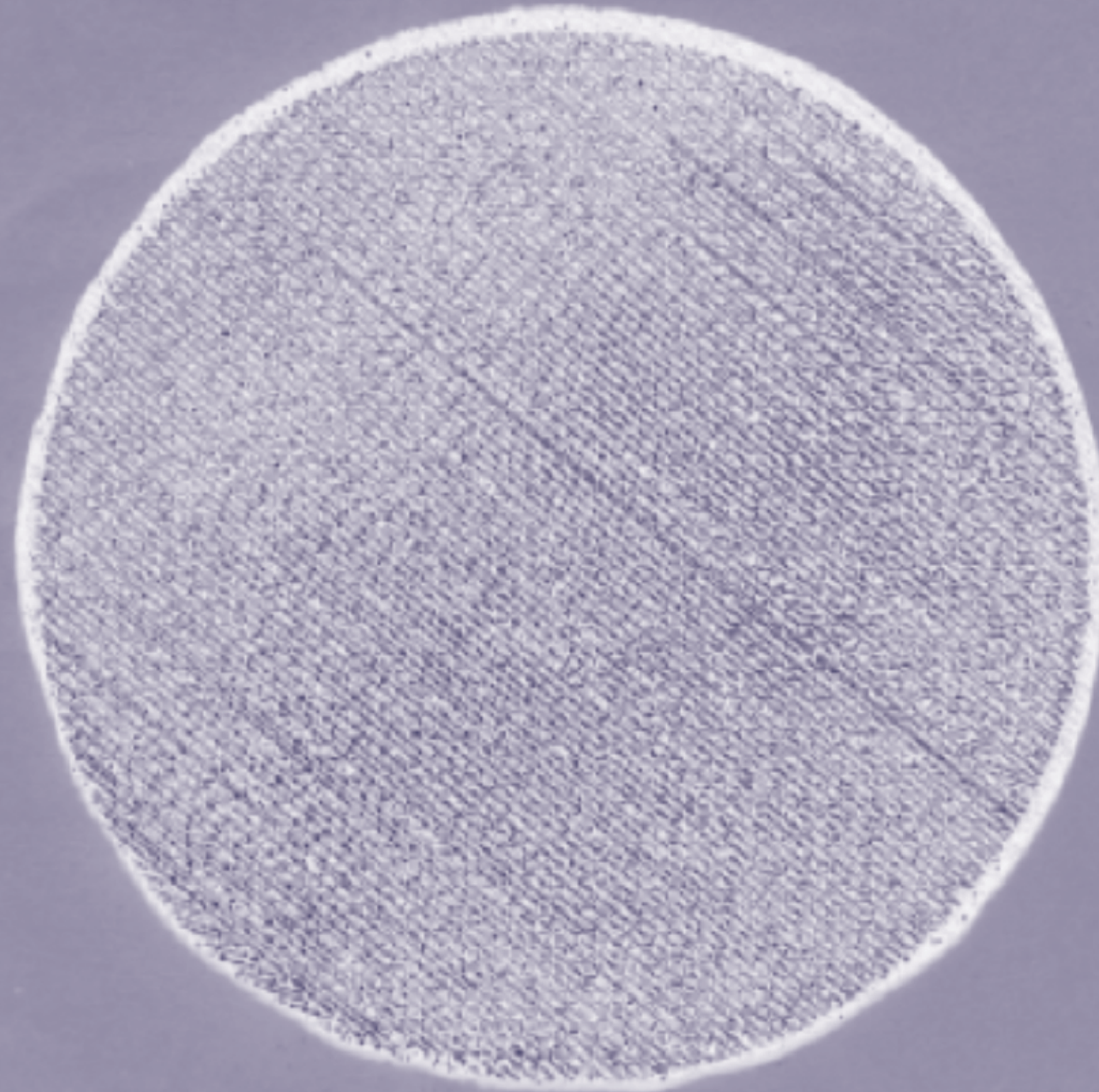
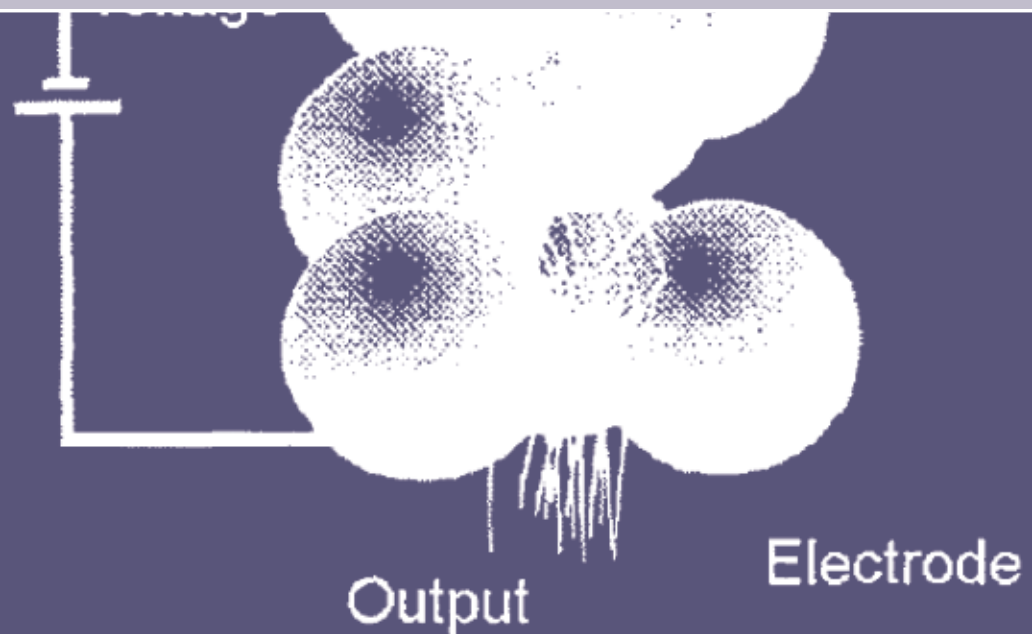
Electrode
(negatively based) UV radiation

1991

נהר של אלקטרונים

חוקרי המכון פיתחו לוח מיקרו-כדורי, אשר עשוי לשפר במידה ניכרת את יעילותם של גלאי חלקיקים המשמשים לחקר מבנים מולקולריים ותגובות כימיות שונות. יישום אפשרי אחד של גלאי החלקיקים האלה עשוי להיות לשם גילוי ומדידה של חלקיקים אשר מתפזרים כתוצאה מהפצצת גביש כלשהו בקרני X ("רנטגן"), למשל, לצורך גילוי מבנה מרחבי של מולקולות. הוא מתאים גם לשימוש במיקרוסקופ אלקטרוני סורק, בהדמיית חלקיקים, בספקטרוסקופיה של זמן מעוף, ובהדמיית קרינה על-סגולה.

הבעיה בכל המערכות האלה נובעת מהעובדה שבאופן גולמי הן מספקות תמונה חלשה מאוד. מכאן עולה צורך ברור להגביר את התמונה. אולם, מגברי תמונה שונים שפותחו עד כה היו חייבים לפעול בתנאי ריק מיוחדים, דבר שהעלה את מחירם (במיוחד כשנדרשו גלאים בעלי שטח גדול). יתרוננו של המתקן שפיתחו מדעני המכון נובע מכך שאפשר לייצר אותו במשטחים גדולים, אשר מספקים תמונות גדולות. נוסף על כך אפשר להפעילם בתנאים פחות מוגבלים.



100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע

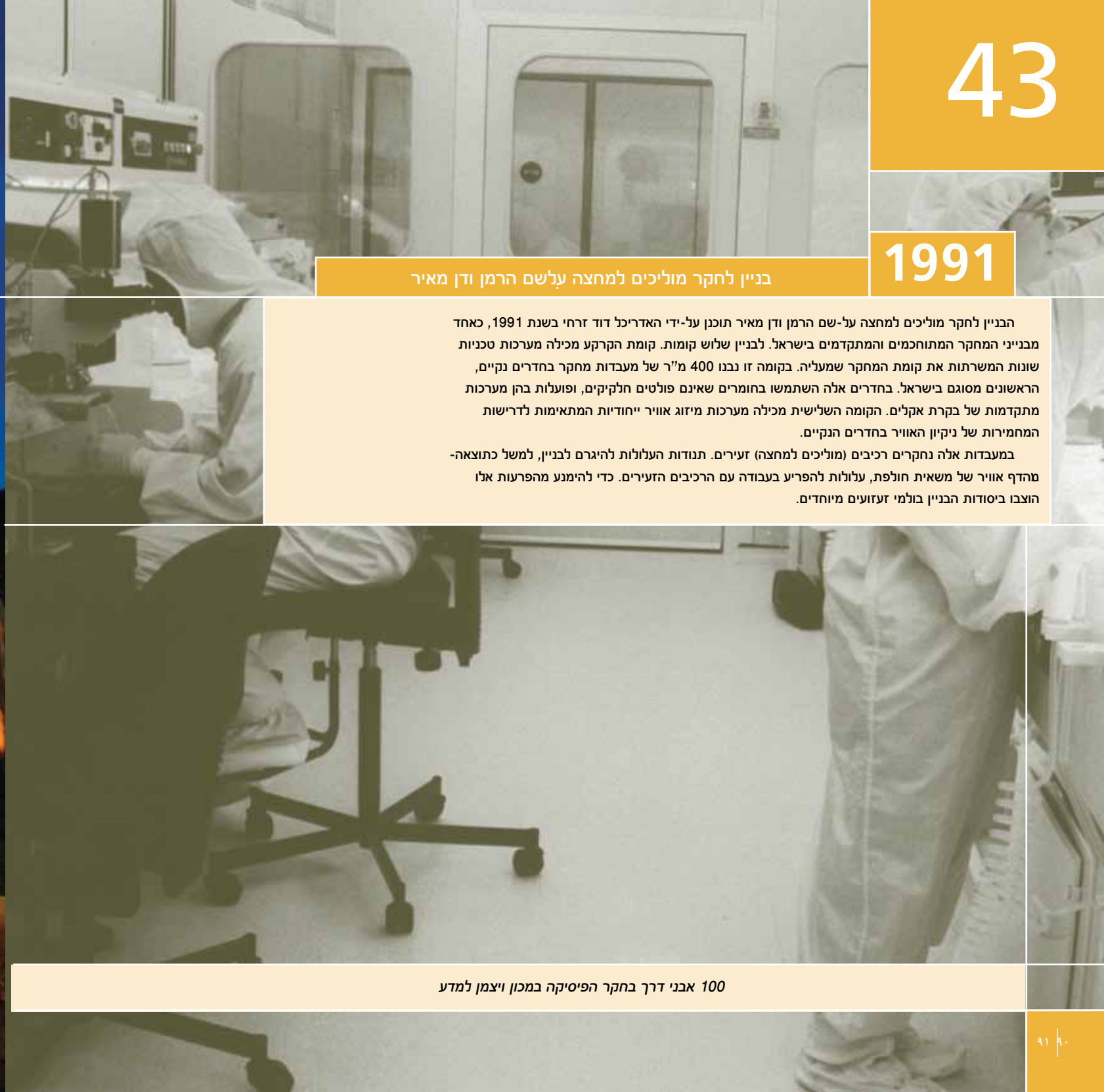


המרכז למחקר במוליכים למחצה
HERMAN & DAN MAZER
BUILDING FOR
SEMICONDUCTOR SCIENCE

1991

בניין לחקר מוליכים למחצה על-שם הרמן ודן מאיר

הבניין לחקר מוליכים למחצה על-שם הרמן ודן מאיר תוכנן על-ידי האדריכל דוד זרחי בשנת 1991, כאחד מבנייני המחקר המתוחכמים והמתקדמים בישראל. לבניין שלוש קומות. קומת הקרקע מכילה מערכות טכניות שונות המשרתות את קומת המחקר שמעליה. בקומה זו נבנו 400 מ"ר של מעבדות מחקר בחדרים נקיים, הראשונים מסוגם בישראל. בחדרים אלה השתמשו בחומרים שאינם פולטים חלקיקים, ופועלות בהן מערכות מתקדמות של בקרת אקלים. הקומה השלישית מכילה מערכות מיזוג אוויר ייחודיות המתאימות לדרישות המחמירות של ניקיון האוויר בחדרים הנקיים. במעבדות אלה נחקרים רכיבים (מוליכים למחצה) זעירים. תנודות העלויות להיגרם לבניין, למשל כתוצאה-מהדף אוויר של משאית חולפת, עלולות להפריע בעבודה עם הרכיבים הזעירים. כדי להימנע מהפרעות אלו הוצבו ביסודות הבניין בולמי זעזועים מיוחדים.



100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע



1992

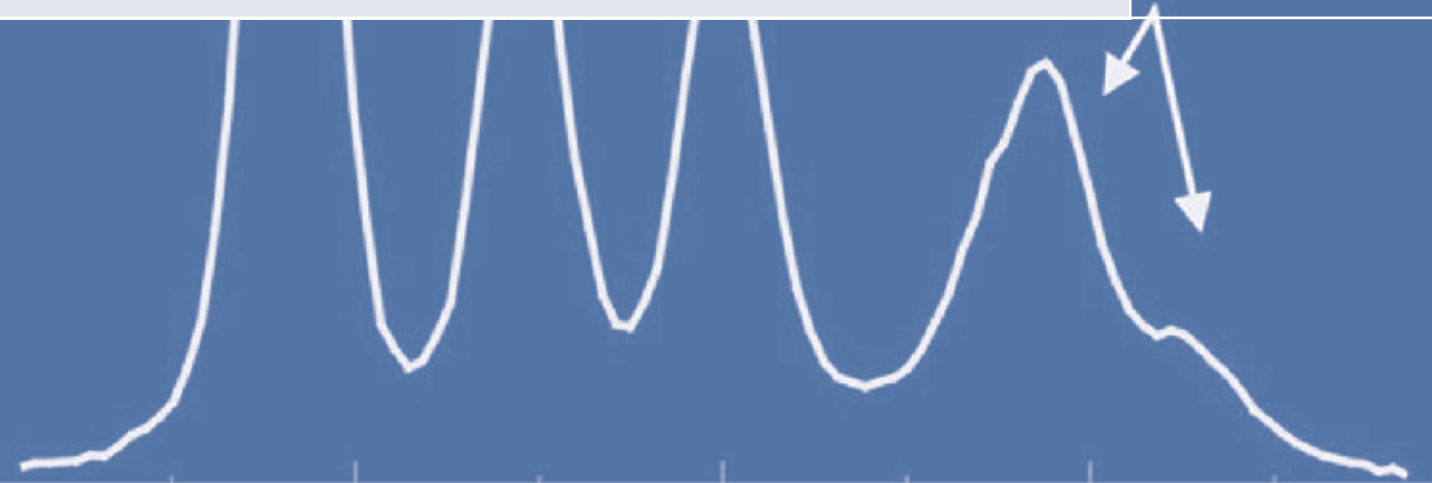
בולטים בהעדרם

מדעני המכון היו הראשונים שגילו מערכים אלקטרוניים הקרויים "טריונים" במוליך למחצה מסוג גאליום ארסני, ובכך הוכיחו את קיומם של מערכים כאלה וביססו את ההבנה באשר לתכונותיהם המיוחדות. כאשר אלקטרונים שמצויים בחומר מוליך למחצה "מדלגים" לרמת אנרגיה גבוהה יותר כתוצאה מ"עירור" אופטי, הם מותירים אחריהם "מחסור באלקטרון" המכונה בקיצור "חור". במובנים רבים, ה"חור" הזה פועל ו"מתנהג" כיישות חומרית לכל דבר. למשל, כיוון שה"חור" הוא "היפוכו" של האלקטרון, הוא "נושא" מטען חשמלי חיובי (הפוך מהמטען החשמלי השלילי של האלקטרון). במצבים מסוימים עשוי האלקטרון ש"דילג" לרמת אנרגיה גבוהה לנוע סביב ה"חור" שהוא עצמו הותיר אחריו. ה"חור", בעל המטען החשמלי החיובי, מתפקד כמעין גרעין ל"אטום" הקרוי "אקסיון".

כאשר ל"אקסיון" מצטרף אלקטרון נוסף, נוצר "טריון", הדומה בתכונותיו החשמליות ליון מימן שמטענו החשמלי הכולל הוא שלילי. כאשר מצרפים שני "חורים" יחד, וסביבם נע אלקטרון אחד, נוצר "טריון" הדומה בתכונותיו החשמליות ליון הליום שמטענו החשמלי הכולל הוא חיובי.

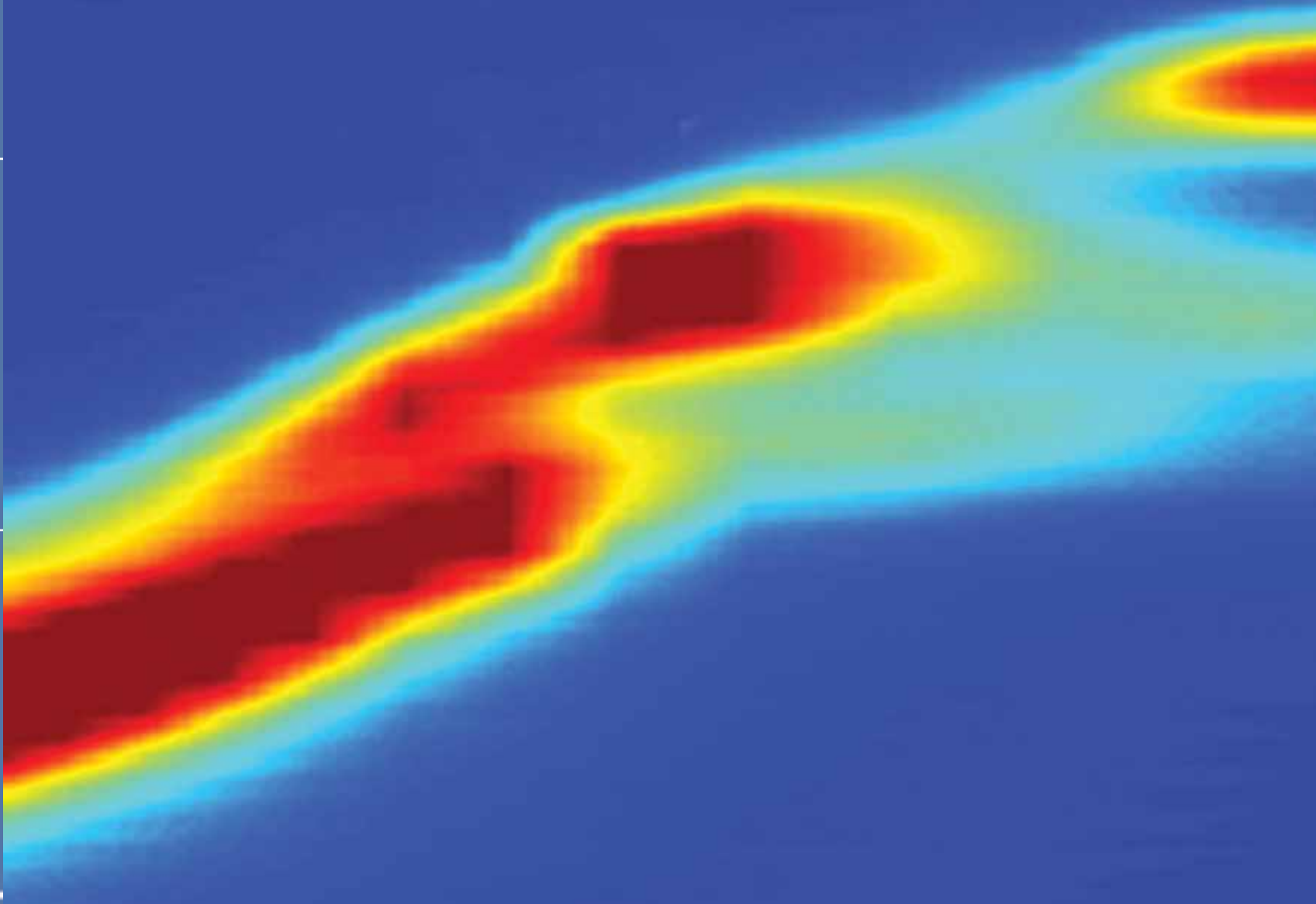
טריונים מתקיימים, למעשה, בהתקנים מתקדמים רבים, והבנה עמוקה של תכונותיהם עשויה לאפשר שיפור של טכנולוגיות קיימות, ופיתוח התקנים חדשים.

X



1.506 1.507 1.508 1.509 1.5

100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע

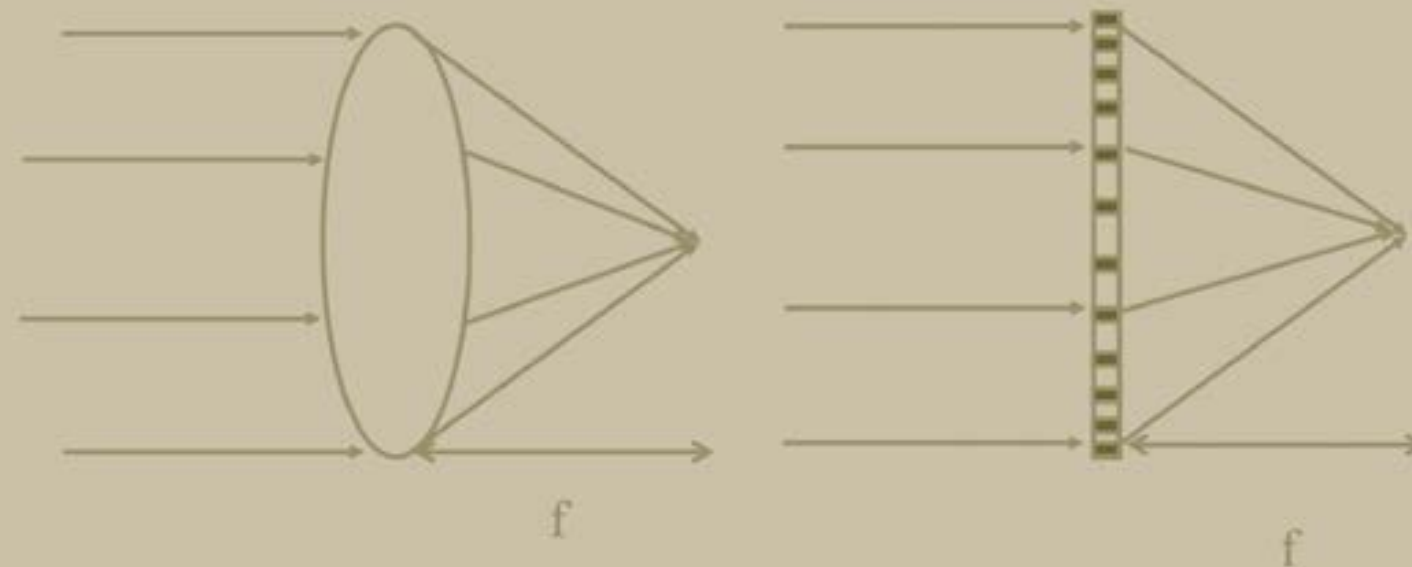


1992

בזכות העקיפה

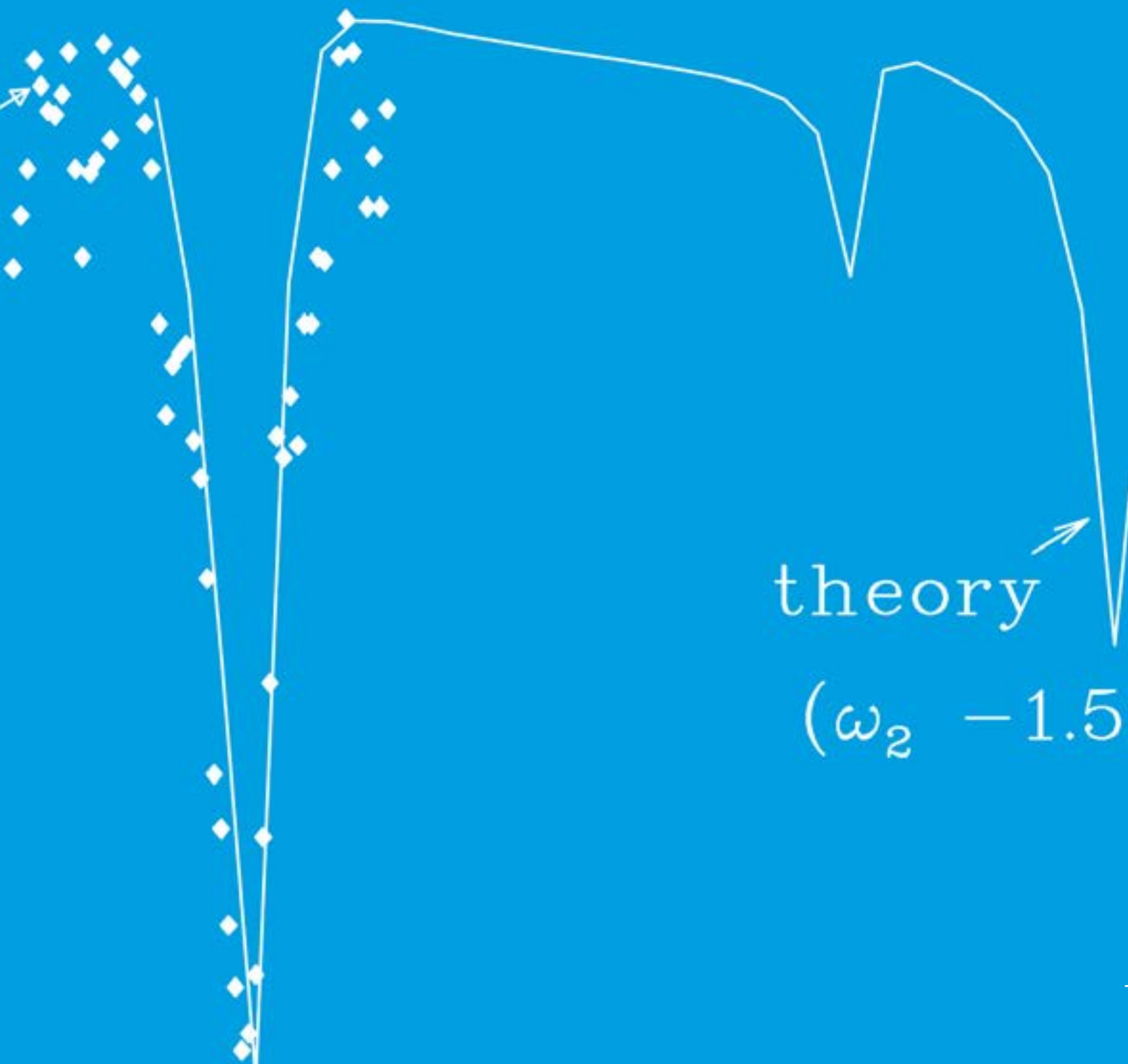
מדעני המכון פיתחו שיטות מקוריות לתכנון חומרים המשמשים להכנת מרכיבים אופטיים הולוגרפיים ולהכנתם. הרכיבים האופטיים שפיתחו מדעני המכון מבוססים על שימוש בתופעת העקיפה של גלי האור (ולא על עקרון שבירת האור או החזרתו, שעליו מבוססים מרכיבים אופטיים רגילים). תכונה זו מתבטאת בכך שרכיבים אופטיים אשר מיוצרים על-פי השיטה שפיתחו מדעני המכון הם קלים, נוחים וזולים בהשוואה למרכיבים האופטיים הרגילים.

מדעני המכון חקרו שימושים אפשריים בטכנולוגיה זו, כגון עדשות המיועדות למחשבים אופטיים, למערכות דימות תרמי, ולתהליכים תעשייתיים שונים. פיתוחים אלה שימשו תשתית לפיתוח תעשייה עתירת ידע בתחומים אלה.



100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע

פיסיקאים מהמכון הגיעו להבנות חדשות באשר לכללי התנהגותם של קרומים דקים, דוגמת קרומי המעטפת של תאים חיים. הבנות אלה מאפשרות להבין תהליכים דינמיים ולא ליניאריים המתחוללים בקרומים מלאכותיים, והן עשויות לתרום גם להבנת דרכי פעולתם של קרומי התאים החיים. קרומים מורכבים אלה מאפשרים מעבר בררני של חומרים וגופים אל תוך התא וממנו החוצה. תהליכים פיסיקליים ומכניים ממלאים תפקידים מרכזיים בשגרת חייו של התא, לרבות תהליכי התחלקות (התרבות), היצמדות לתאים אחרים (תהליך פיסיקלי חיוני בהתארגנות של תאים ברקמות) או למשטחים, וכן התמיינות ומוות. במחקרים אלה יוצרים החוקרים הדמיה של תופעות אשר מתחוללות בתאים חיים, דוגמת זרימות, היווצרות "שרשרות פנינים", ו"פליטות" של בועות מבעד לקרום. הקרומים מתאפיינים בהתפתחות ובתנועה מתמדת, וכדי לקבוע חלקים מהם לפרקי הזמן הנדרשים לתצפיות המדעיות משתמשים המדענים בקרני לייזר ממוקדות.



1993

$\text{Na}_2 \rightarrow \text{Na} + \text{Na}(3d)$; The

קוונטים בתעשייה

חוקרי המכון פיתחו לשליטה בריאקציות כימיות שונות באמצעות קרני לייזר. טכניקה חדשנית ומקורית זו מאפשרת שליטה בתוצרים של ריאקציות מולקולריות, באמצעות תופעת ההתאבכות בגלי החומר. כידוע, על פי תורת הקוונטים, חלקיקי חומר יכולים להתנהג כגלים אשר מסוגלים להתאבך (התאבכות בונה או הורסת). הטכניקה שפיתחו חוקרי המכון מנצלת את התכונה הזאת של חלקיקי החומר. היא מאפשרת שליטה בתנועת אלקטרונים בחומרים מוליכים למחצה, בשבירת סימטריה בחומר, ובייצור של חומרים כיראליים, כלומר חומרים שהרכב הכימי שלהם זהה אבל המבנה המרחבי של המולקולות שלהם שונה, כך שמולקולה אחת מהווה מעין "תמונת מראה" של המולקולה האחרת. כך, על אף שמדובר במולקולות בעלות הרכב כימי זהה, אין שום אפשרות להציב אותן במקביל (כפי שאי-אפשר להציב במקביל את כף יד ימין עם כף יד שמאל). טכניקות אלה עשויות לשמש בתעשייה כימית של תרופות, בייצור מתגים אלקטרוניים מהירים במיוחד, ובשיפור הולכת אור בסיבים אופטיים.

Na(3d) yield (arb. units)

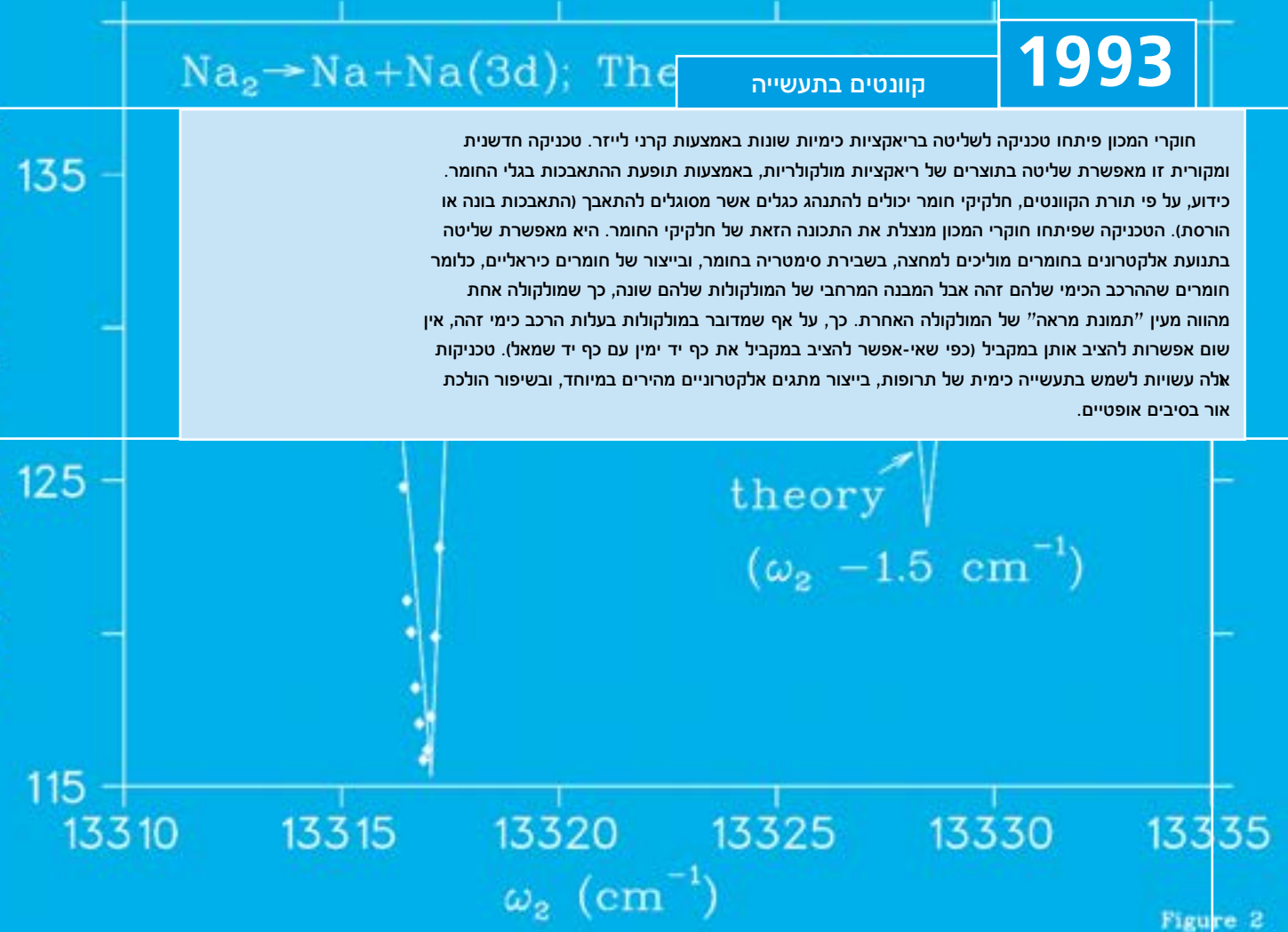
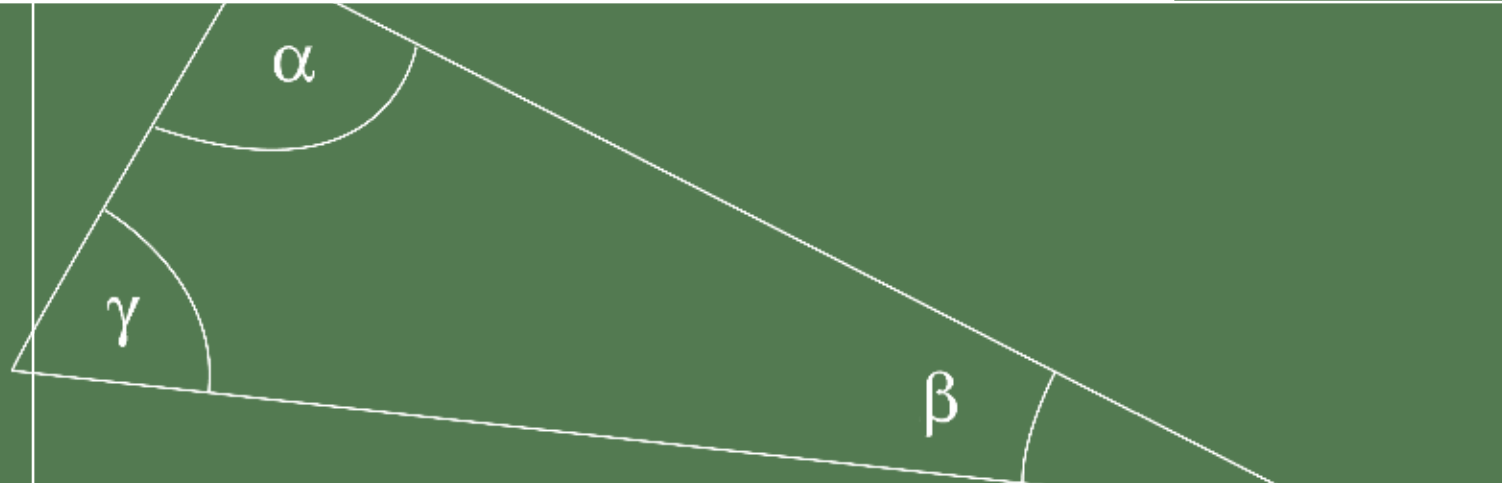


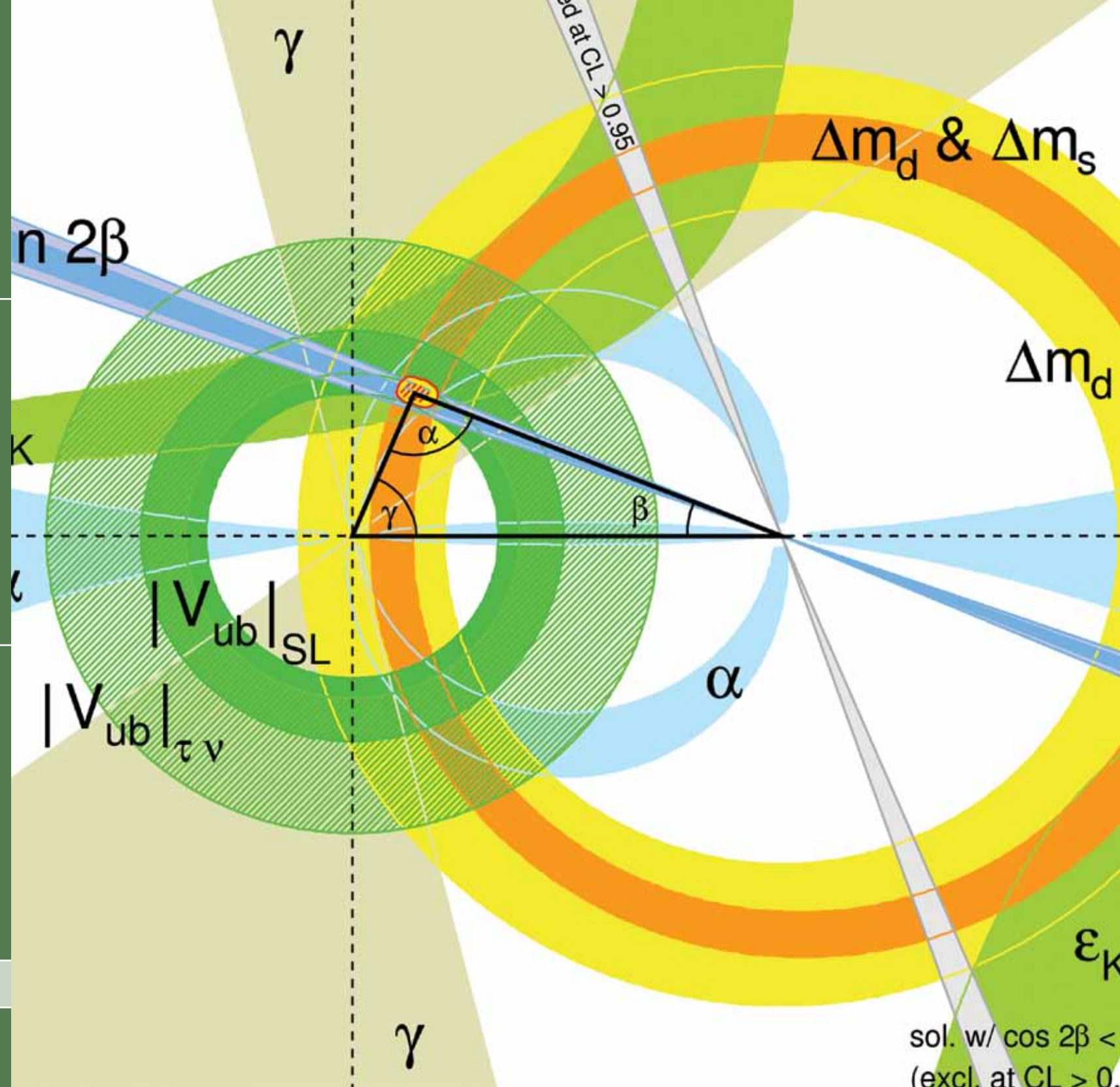
Figure 2

החלקיקים היסודיים בטבע מופיעים בשלושה עותקים. לכל העותקים אותו מטען, אך הם נבדלים במאסות שלהם. כך למשל, לאלקטרון יש שני עותקים נוספים, כבדים יותר, הקרויים מיואון וטאו. הפיזיקאים אומרים שהאלקטרון, המיואון והטאו הם שלושה "טעמים". ערכי המאסות של הטעמים מתאפיינים במבנה מפתיע: תמיואון כבד מהאלקטרון פי 200 בערך, והטאו כבד מהאלקטרון פי 3,400 בערך. יחס דומה קיים גם במאסות של חלקיקים יסודיים אחרים. כך למשל, הקווארק בטעם "עליון" כבד פי כ-100,000 מהקווארק בטעם ה"למעלה". המודל הסטנדרטי של תורת החלקיקים, התיאוריה המקובלת באשר למבנה החומר, אינו מספק הסבר למבנה היררכי של ערכי המאסות, מצב שיוצר את מה שהפיזיקאים מכנים בשם "חידת הטעם".

החידה מתעצמת כשבוחנים הרחבות של המודל הסטנדרטי, דוגמת תורת "סימטריית-העל" (סופר-סימטריה). מודלים אלה מנבאים את קיומם של חלקיקים חדשים, הבאים גם הם בטעמים אחדים. כדי להסביר את הקצב האיטי שנמדד בתהליכים פיסיקליים מסוימים, חייבים להניח כי קיים מבנה מיוחד מאוד של הטעמים החדשים; למשל, שוויון כמעט מדויק בין המאסות שלהם. מדעני המכון, יחד עם שותפיהם למחקר, הציעו סימטריה חדשה המאלצת את תכונות הטעמים השונים למבנים מפתיעים. סימטריה זו מסבירה לא רק את יחסי המאסות בין טעמי המודל הסטנדרטי, אלא גם "מיישרת" את הטעמים הסופר-סימטריים כך שאינם תורמים להאצת הדעיכות האיטיות שנמדדו. תיאוריה זו פתחה כיוון חשיבה חדש, שלפיו גילוי ומדידה של תכונות חלקיקים חדשים עשויים לשפוך אור חדש על חידת הטעם ואולי אף לפתור אותה.



100 אבני דרך בחקר הפיזיקה במכון ויצמן למדע



1994

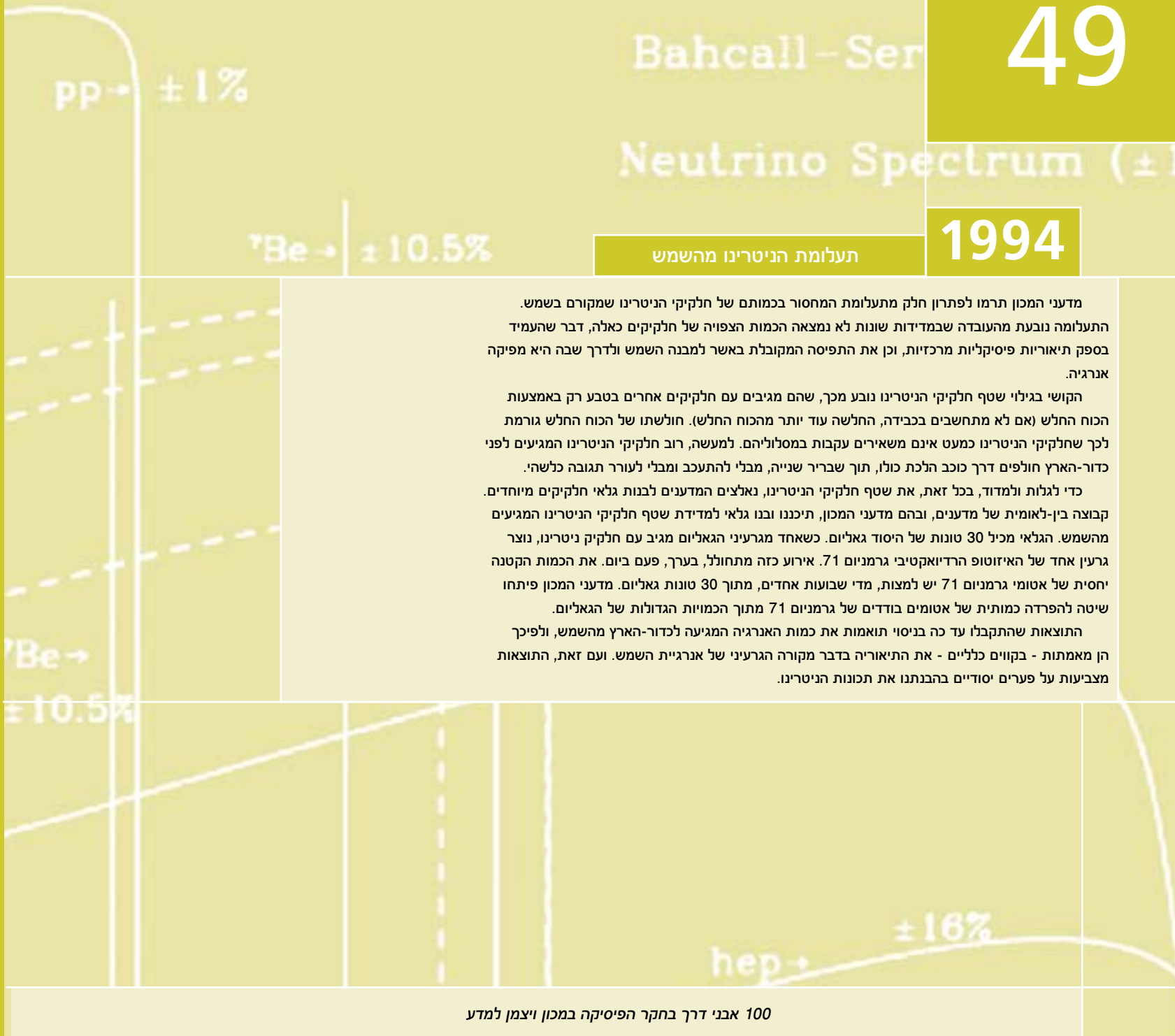
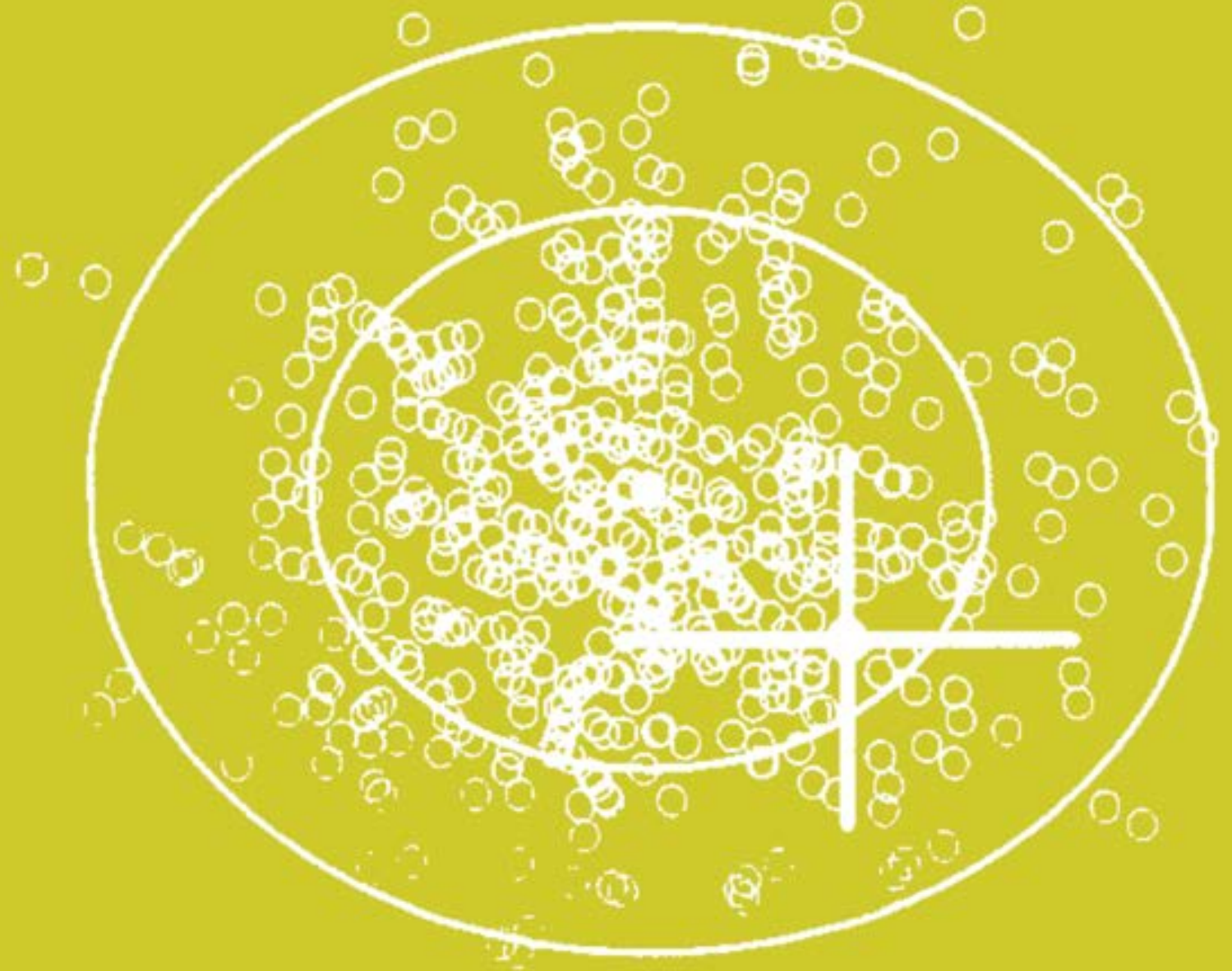
תעלומת הניטרינו מהשמש

מדעני המכון תרמו לפתרון חלק מתעלומת המחסור בכמותם של חלקיקי הניטרינו שמקורם בשמש. התעלומה נובעת מהעובדה שבמדידות שונות לא נמצאה הכמות הצפויה של חלקיקים כאלה, דבר שהעמיד בספק תיאוריות פסיקליות מרכזיות, וכן את התפיסה המקובלת באשר למבנה השמש ולדרך שבה היא מפיקה אנרגיה.

הקושי בגילוי שטף חלקיקי הניטרינו נובע מכך, שהם מגיבים עם חלקיקים אחרים בטבע רק באמצעות הכוח החלש (אם לא מתחשבים בכבידה, החלשה עוד יותר מהכוח החלש). חולשתו של הכוח החלש גורמת לכך שחלקיקי הניטרינו כמעט אינם משאירים עקבות במסלוליהם. למעשה, רוב חלקיקי הניטרינו המגיעים לפני כדור-הארץ חולפים דרך כוכב הלכת כולו, תוך שבריר שנייה, מבלי להתעכב ומבלי לעורר תגובה כלשהי.

כדי לגלות ולמדוד, בכל זאת, את שטף חלקיקי הניטרינו, נאלצים המדענים לבנות גלאי חלקיקים מיוחדים. קבוצה בין-לאומית של מדענים, ובהם מדעני המכון, תיכננו ובנו גלאי למדידת שטף חלקיקי הניטרינו המגיעים מהשמש. הגלאי מכיל 30 טונות של היסוד גאליום. כשאחד מגרעיני הגאליום מגיב עם חלקיק ניטרינו, נוצר גרעין אחד של האיזוטופ הרדיואקטיבי גרמניום 71. אירוע כזה מתחולל, בערך, פעם ביום. את הכמות הקטנה יחסית של אטומי גרמניום 71 יש למצוא, מדי שבועות אחדים, מתוך 30 טונות גאליום. מדעני המכון פיתחו שיטה להפרדה כמותית של אטומים בודדים של גרמניום 71 מתוך הכמויות הגדולות של הגאליום.

התוצאות שהתקבלו עד כה בניסוי תואמות את כמות האנרגיה המגיעה לכדור-הארץ מהשמש, ולפיכך הן מאמתות - בקווים כלליים - את התיאוריה בדבר מקורה הגרעיני של אנרגיית השמש. ועם זאת, התוצאות מצביעות על פערים יסודיים בהבנתנו את תכונות הניטרינו.

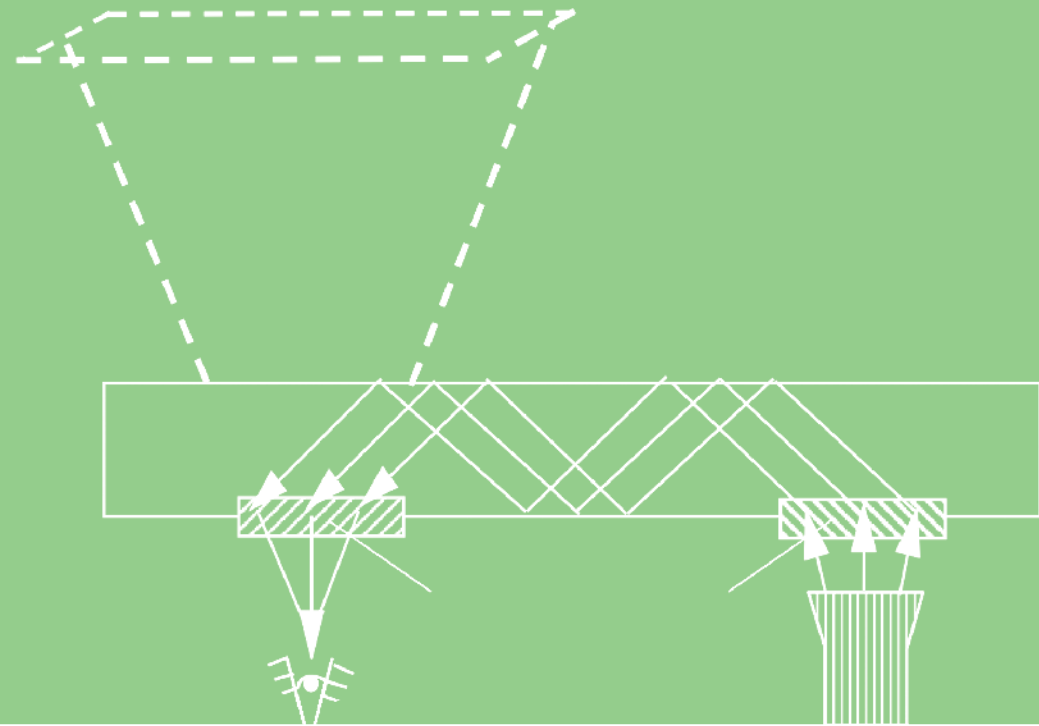


100 אבני דרך בחקר הפיזיקה במכון ויצמן למדע

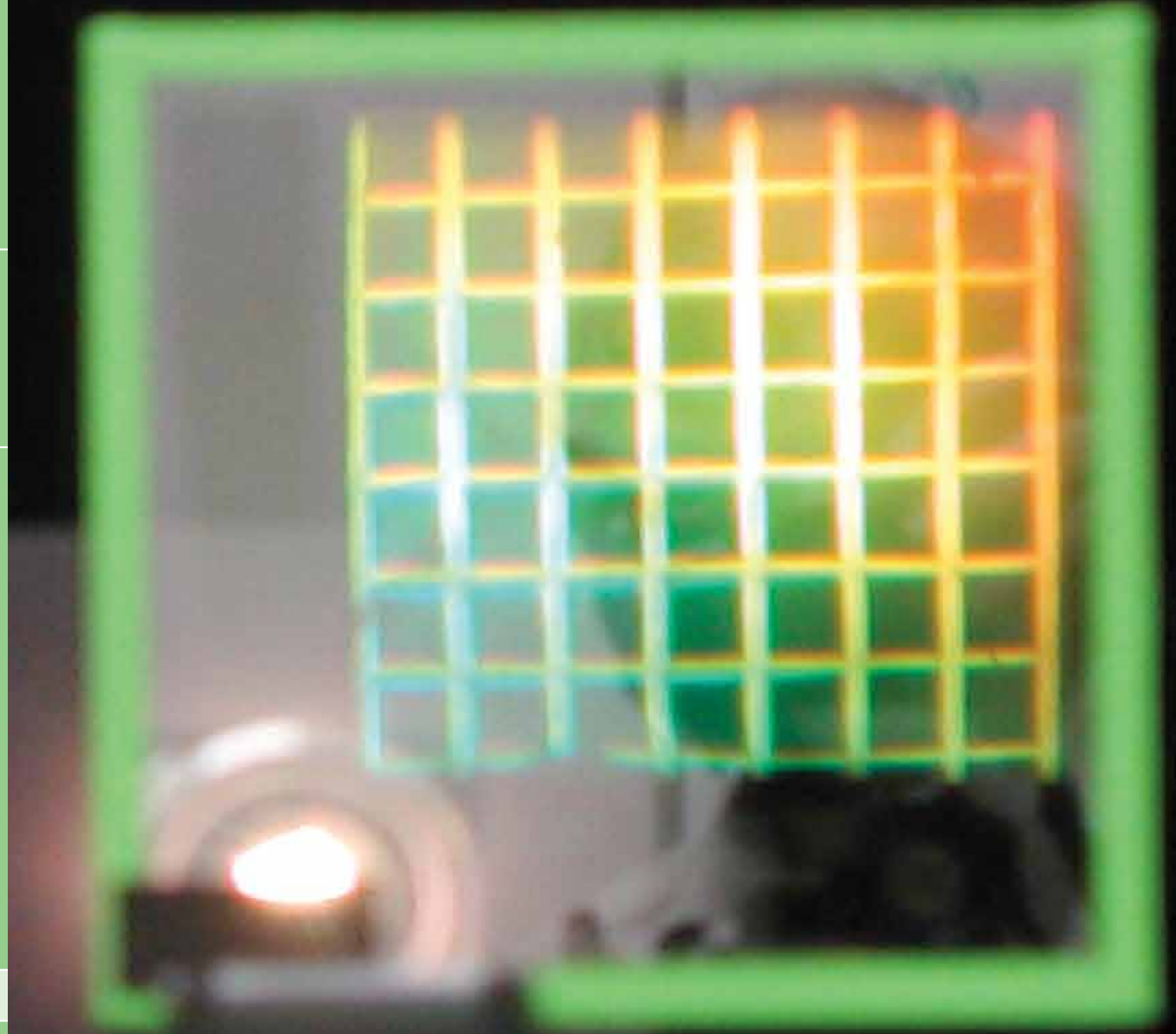
1994

מעגלים של אור

מדעני המכון היו מהראשונים בעולם שעסקו בפיתוח טכנולוגיה של "אופטיקה משטחית". במערכות אלה משלבים מספר מרכיבים אופטיים הולוגרפיים על משטח אחד. בטכנולוגיה זו אפשר לייצר מערכת אופטית שלמה, המורכבת מלוח שקוף בודד. מערכת מסוג זה מתאפיינת בגודל ובמשקל מזעריים, בעמידות גבוהה לשחיקה סביבתית, ובהתאמה טובה לייצור המוני, דבר שמאפשר לנצל את הטכנולוגיה הזאת במיגוון גדול של יישומים. במכון פותחו בטכנולוגיה זו כמה מערכות: תצוגת ראש קומפקטית (קסדות) לטייסים, לרופאים, למערכות של מציאות מדומה, מערכת לריבוב ולהפרדה של אורכי גל בתקשורת אופטית, מערכת מיחשוב אופטי לעיבוד נתונים מקבילי לרובוטיקה, ומערכי תקשורת אופטית בין מחשבים.



100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע



1994

מצב הצבירה הרביעי

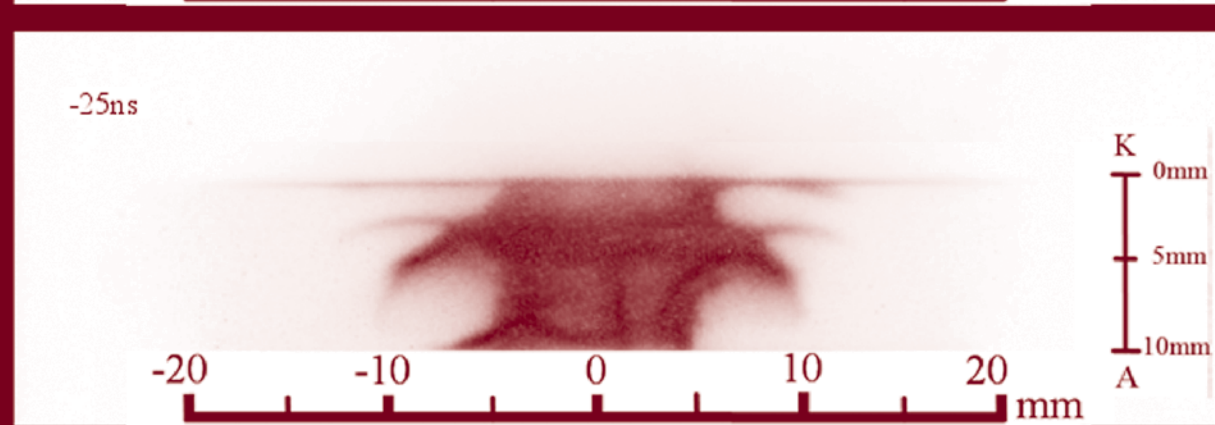
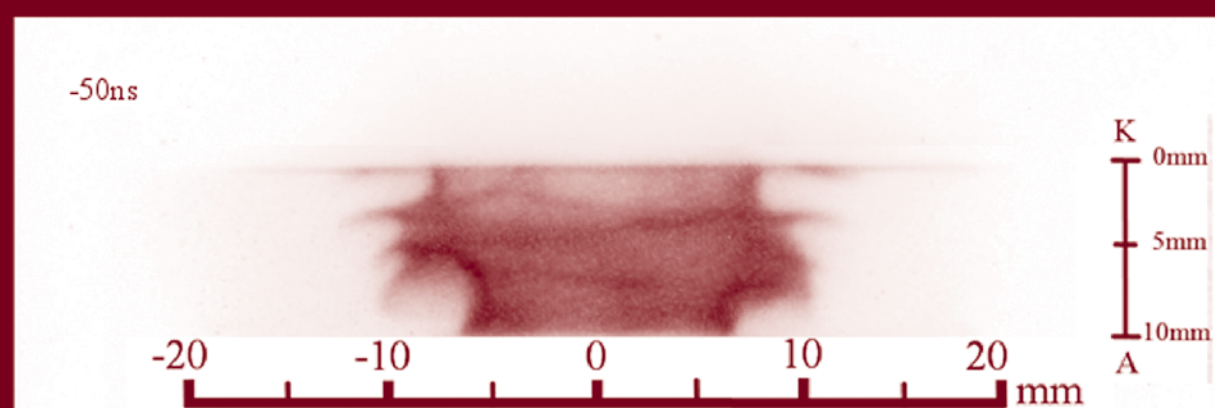
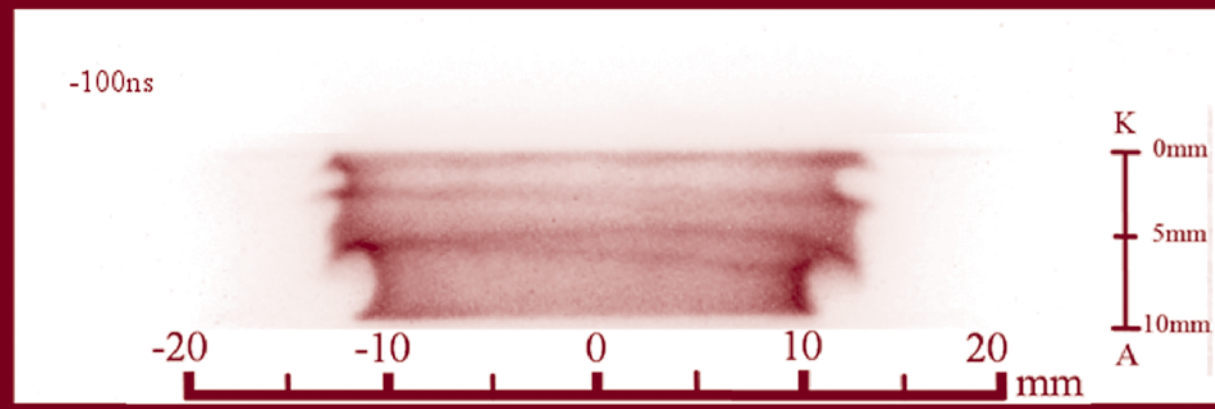
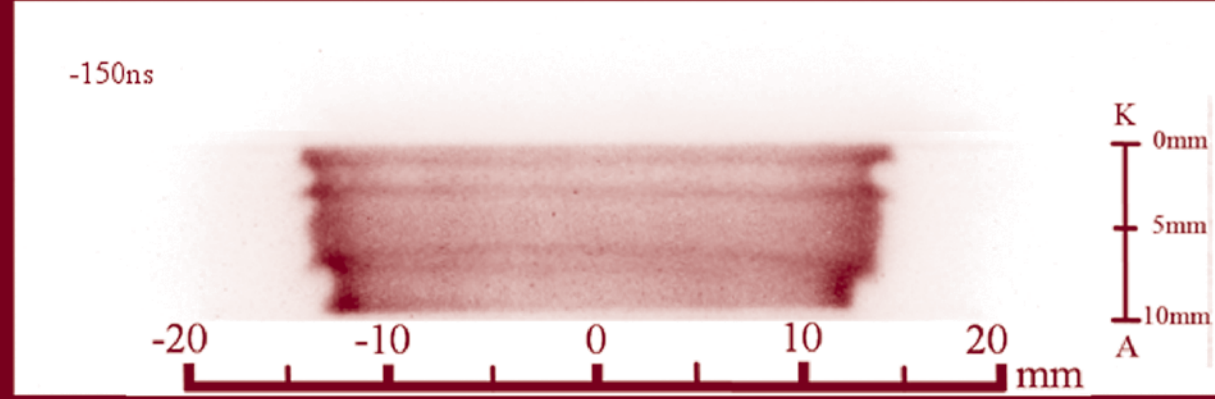


מדעני מכון ויצמן למדע פיתחו שיטות ספקטרוסקופיות ייחודיות למדידת תכונותיה השונות של פלסמה במצב של צפיפות אנרגיה גבוהה ובמגע עם שדות חשמליים ומגנטיים חזקים. פלסמה היא מצב הצבירה הרביעי של החומר. זהו מצב שבו חלקיקי גז מיוננים (כלומר, הופכים להיות טעונים כתוצאה מהשקעת אנרגיה). בדרך כלל, החלקיקים האלה הם יונים או אלקטרונים. השיטות הנפוצות ליצירת פלסמה במעבדה מבוססות על קרינת לייזרים, או על התפרקויות חשמליות בהספקים גבוהים. מדעני המכון משתמשים בשיטות אלה ליצירת פלסמות הנתונות בצפיפויות ובטמפרטורות שונות, אשר אופייניות לפלסמות מסוגים שונים שמצויות בחלל ובכוכבים (וכן במתקני מחקר ותעשייה).

המחקר בתחום הפלסמות עשוי לסייע רבות בהבנת תהליכים שונים המתקיימים בכוכבים, ובהבנת התנהגותו של היקום. בנוסף לכך, עשוי המחקר הזה לשרת שורה ארוכה של יישומים מעשיים, ובהם מיזוג גרעיני (כדי שבאיזוטופים של מימן, או בדלק גרעיני אחר, יתבצע תהליך של מיזוג גרעיני, הוא חייב להימצא במצב של פלסמה חמה וצפופה).

בתהליך הפיתוח של שיטות המדידה החדשות ניצלו מדעני המכון תכונות שונות של אור שנפלט מתוך הפלסמה החוצה, אור שנבלע בפלסמה, וכן את תגובת הפלסמה לעירור (למשל, באמצעות קרינה). שיטות המדידה האלה, שחלקן נוסו בפעם הראשונה בעולם, מאפשרות לחקור את התכונות השונות של הפלסמה בפרקי זמן קצרים מאוד, עד פחות ממיליארדית השנייה. באמצעות מדידות אלה מיפו המדענים התרחשויות פיסיקליות שונות המתחוללות בפלסמה.

100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע



1994

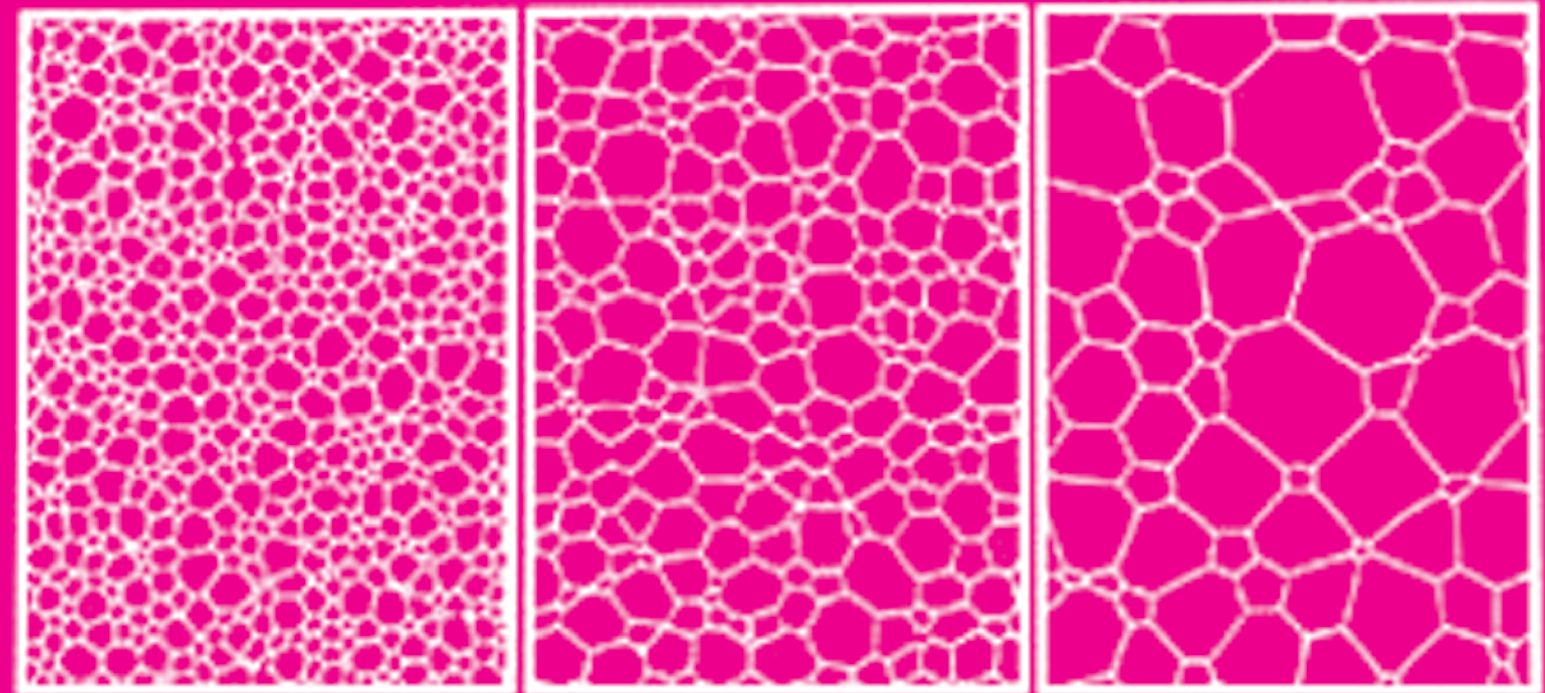
הגדולים בולעים את הקטנים

כאשר מקררים מתכת במצב נוזלי והיא מתחילה להתמצק, נוצרים בה (בכל נפח הדוגמה) גבישונים של חומר מוצק. הגבישונים הללו גדלים והולכים - על חשבון הקטנה מקבילה בנפח הנוזל - עד אשר החומר כולו מתמצק.

אבל, כשצופים בגבישונים באמצעות מיקרוסקופ, רואים שהתפתחות הגבישונים אינה מסתיימת בעת שכל החומר התמצק: היא ממשיכה להתחולל, תוך שהגבישונים הגדולים ממשיכים לגדול על חשבונם של הקטנים - והאחרונים נעלמים והולכים.

מדעני המכון גילו, כי התהליכים הסטטיסטיים שמתארים את גידול הגבישונים במתכות, או בחומרים תאיים אחרים, דומים במידה ניכרת לאלו שמתארים גידול של בועות סבון בקצף. במילים אחרות, קצף של בועות סבון יכול לשמש מודל פשוט, זול ונוח לחקר התהליכים האלה.

תופעות דומות מתחוללות במערכות המכילות בעת ובעונה אחת חומרים המצויים בשני מצבי צבירה, נוזל ומוצק. מדעני המכון הראו, כי התפתחות אזורי המוצק תלויה בסביבתם הקרובה. כלומר, איזור של חומר מוצק יגדל או יקטן בהתאם לתהליכים המתחוללים בשכניו. תגלית זו אישרה לראשונה תחזיות של מודלים תיאורטיים.



100 אבני דרך בחקר הפיסיקה במכון ויצמן למדע